

Aus dem Arbeitsbereich Trainings- und Bewegungswissenschaft der
Universität Bayreuth
Leitung: Prof. Dr. Andreas Hohmann

**Auswirkungen von Kraft- und Technikinterventionen auf die Schwimm-
leistung und die Schwimmtechnik von vorpubertären Kindern**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades an der Kulturwissenschaftlichen Fakultät der
Universität Bayreuth

Vorgelegt von
Rüdiger Schneider
Bayreuth, 2022

Die vorliegende Arbeit wurde am 9. November 2022 von der Promotionskommission der Kulturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bayreuth als Dissertation angenommen.

Mitglieder des Prüfungsausschusses:

Herr Prof. Dr. Andreas Hohmann (Erstgutachter)

Frau Prof. Dr. Maren Witt (Zweitgutachterin)

Herr Prof. Dr. Carlos Kölbl

„Der Erfolg ist nicht danach zu beurteilen, was ein Mensch im Leben erreicht, sondern nach den Hindernissen, die er auf dem Weg zum Erfolg überwunden hat.“

Booker T. Washington - amerikanischer Sozialreformer und Bürgerrechtler

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Andreas Hohmann zur Ermöglichung dieses Promotions-themas und vor allem für seine geduldige und kompetente Begleitung dieser Studie.

Weiterhin danke ich Birgit Geißinger, Josefine Köhler, Dr. Michael Frisch, Julia Fankel und Dr. Michael Schubert, die mir während des Projektes mit Rat und Tat zur Seite standen.

Ohne die teilnehmenden Kinder und ihre Eltern sowie den Trainern der Schwimmvereine in Bamberg, Bayreuth, Kulmbach und Forchheim wäre das Zustandekommen der Untersuchung nicht möglich gewesen. Vielen Dank dafür!

Großer Dank muss meiner Mutter Heike Schneider ausgesprochen werden, da sie mich in jeder Lage während des Promotionsprojekts unterstützte. Auch bei meinem Bruder Carsten Voll möchte ich mich für seine tatkräftige Hilfe in weiteren Großprojekten bedanken.

Auswirkungen von Kraft- und Technikinterventionen auf die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik von vorpubertären Kindern

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
Zusammenfassung	4
1 Einleitung, Ziele und Absichten	5
2 Grundlagen des Krafttrainings bei Kindern	9
2.1 Begriffserläuterungen: Krafttraining	9
2.2 Chancen und Risiken beim Krafttraining von Kindern	11
2.3 Richtlinien für das Krafttraining mit Kindern	15
2.4 Effektivität des Krafttrainings von Kindern	15
2.5 Einfluss von Krafttraining auf die motorische Entwicklung und die sportliche Leistung bei Kindern	18
3 Grundlagen des Techniktrainings	21
3.1 Begriffserläuterungen: Techniktraining	21
3.2 Bedeutung der Schwimmtechnik für die Schwimmleistung	23
3.3 Technikerwerb durch Videofeedback	29
3.3.1 Aufbau des Videofeedbacks	31
3.3.1.1 Instruktion	31
3.3.1.2 Feedback	33
3.3.2 Bedingungen und Kriterien für ein effektives Videofeedbacktraining	35
3.4 Techniktraining für Kinder	39
4 Ziel des Forschungsprojekts	43
5 Material und Methoden	43
5.1 Interventionen	44
5.1.1 Rumpfkraftgruppe (TG1a-RK)	47
5.1.2 Vortriebskraftgruppe (TG1b-VK)	51
5.1.3 Videofeedbackgruppe (TG2-VFB)	54
5.1.4 Kontrollgruppe (KG)	54
5.1.5 Kraftausdauer- und Technikgruppe (TG1-KA und TG2-T)	57
5.2 Stichprobe und Untersuchungsteilnehmer	58
5.3 Testzeitraum	59
5.4 Datenerhebung (Testverfahren)	60
5.4.1 Messung der anthropometrischen Daten	60
5.4.2 Tethered Swimming Test zur Abbildung der Schwimmkraft	61
5.4.3 Kraultechnik auf 25 m	66
5.4.4 Kraulleistung 25 m	69
5.4.5 Sprungleistung beim Counter Movement Jump	69
5.4.6 Wurfleistung beim Medizinballstoß	71

5.4.7	Rumpfkraftleistung beim Unterarmstütz.....	72
5.5	Datenauswertung.....	73
5.5.1	Statistische Voraussetzungen.....	73
5.5.2	Statistische Vorgehensweise	74
5.6	Untersuchungshypothesen	75
5.6.1	Auswirkungen des Krafttrainings auf die Schwimmzeit	75
5.6.2	Auswirkungen der Schwimmtechnik auf die Schwimmzeit	75
5.6.3	Auswirkungen des Krafttrainings auf die Schwimmtechnik	76
5.6.4	Auswirkungen des Techniktrainings auf die Schwimmtechnik	77
5.7	Regressionsanalyse	77
5.7.1	Teilmodell der Schwimmtechnik	78
5.7.2	Voraussetzungen der Regression für das Teilmodell der Schwimmtechnik	79
5.7.3	Teilmodell der Schwimmkraft.....	80
5.7.4	Voraussetzungen der Regression für das Teilmodell der Schwimmkraft	80
5.7.5	Hauptmodell der Schwimmleistung.....	81
5.7.6	Voraussetzungen der Regression für das Hauptmodell der Schwimmleistung	82
5.7.7	Fragestellungen der Regressionsmodelle	83
6	Ergebnisse und Diskussion.....	83
6.1	Gütekriterien	83
6.1.1	Objektivität	83
6.1.2	Reliabilität	85
6.1.3	Validität	85
6.2	Betrachtung der Güte der Messergebnisse.....	86
6.2.1	Betrachtung der Ausreißer.....	86
6.2.2	Betrachtung der Einzelfälle	90
6.2.3	Betrachtung der absoluten Zugewinne	95
6.3	Schwimmerische Leistungsvoraussetzungen.....	98
6.3.1	Körperbau (anthropometrische Daten)	98
6.3.2	Diskussion der Anthropometrie der Kraftausdauer- und der Technikgruppe	102
6.4	Sprungkraft beim Counter Movement Jump.....	103
6.4.1	Ergebnis und Diskussion der Sprungkraft beim Counter Movement Jump bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe	103
6.4.2	Ergebnis und Diskussion der Sprungkraft beim Counter Movement Jump bei Vierteilung der Gruppen	107
6.5	Wurfkraft beim Medizinballstoß	111
6.5.1	Ergebnis und Diskussion der Wurfkraft beim Medizinballstoß bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe	111
6.5.2	Ergebnis und Diskussion der Wurfkraft beim Medizinballstoß bei Vierteilung der Gruppen.....	113
6.6	Rumpfkraft beim Plank Test (Unterarmstütz)	116

6.6.1	Ergebnis und Diskussion der Rumpfkraft beim Plank Test bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe	116
6.6.2	Ergebnis und Diskussion der Rumpfkraft beim Plank Test bei Vierteilung der Gruppen	119
6.7	Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test	122
6.7.1	Ergebnis und Diskussion der Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe	122
6.7.2	Ergebnis und Diskussion der Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test bei Vierteilung der Gruppen	125
6.8	Schwimmtechnikrating	129
6.8.1	Ergebnis und Diskussion des Schwimmtechnikratings bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe	129
6.8.2	Ergebnis und Diskussion des Schwimmtechnikratings bei Vierteilung der Gruppen	131
6.9	Schwimmzeit über 25 m Kraul	137
6.9.1	Ergebnis und Diskussion der Schwimmzeitentwicklung bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauer	137
6.9.2	Ergebnis und Diskussion der Schwimmzeitentwicklung bei Vierteilung der Gruppen	140
6.10	Zusammenfassung der Ergebnisse	147
6.11	Regressionsanalyse	149
6.11.1	Teilmodell der Schwimmtechnik	149
6.11.2	Teilmodell der Schwimmkraft	150
6.11.3	Hauptmodell der Schwimmleistung	151
6.11.4	Diskussion der Regressionsmodelle	153
7	Schlussbetrachtung	157
7.1	Einfluss des Techniktrainings auf die Schwimmtechnik	158
7.2	Einfluss des Techniktrainings auf die Schwimmleistung	159
7.3	Einfluss des Kombinationstrainings aus Kraftausdauer- und Techniktraining auf die Schwimmtechnik	159
7.4	Einfluss des Kombinationstrainings aus Kraftausdauer- und Techniktraining auf die Schwimmleistung	160
8	Ausblick	163
	Abbildungsverzeichnis	165
	Tabellenverzeichnis	169
	Literaturverzeichnis	173
	Anlagenverzeichnis	206

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ANOVA	Analysis of Variance
$b_1, b_2 \dots$	Nicht standardisierte Regressionskoeffizienten
$\beta_1, \beta_2 \dots$	Standardisierte Beta-Koeffizienten bei der linearen Regression
cm	Zentimeter
CMJ	Counter Movement Jump
ES	Effect size, Effektstärke
F	F-Wert
F_{SW}	Gemessene Kraft beim Tethered Swimming
Gl.	Gleichung
I1	Istwertpräsentation 1
J	Jahre
KG	Kontrollgruppe
kg	Kilogramm
KR	Knowledge of result, Feedbackzeitpunkt beim Videofeedbacktraining
LTAD	Long term athlet development, Langzeitentwicklung des Athleten
\bar{x}	Mittelwert
m	Meter
N	Anzahl
p	Signifikanzwert
r	Korrelationskoeffizient
R^2	Multipler Determinationskoeffizient bei der Regressionsanalyse
s	Sekunde
SD	Standardabweichung
SLJ	Stand Long Jump, Standweitsprung
T_{25}	Schwimmzeit über 25 m Kraul
T_{50}	Schwimmzeit über 50 m Kraul
Tab.	Tabelle
TN	Techniknote der Trainerbefragung
TG1a-RK	Rumpfkraftgruppe
TG1b-VK	Vortriebskraftgruppe
TG1-KA	Kraftausdauergruppe (TG1a-RK + TG1b-VK)
TG2-T	Technikgruppe (TG2-VFB + KG)
TG2-VFB:	Videofeedbackgruppe
VI	Videoinstruktion
W1	Welle 1 = Testzeitpunkt 1, Welle 2 = Testzeitpunkt 2 usw.
% ₁₋₄	Prozentuale Veränderung nach der 4. Woche
% ₄₋₈	Prozentuale Veränderung von der 5. bis einschließlich 8. Woche
% ₁₋₈	Prozentuale Veränderung nach 9 Wochen
ε	Greenhouse–Geisser Korrektur ε der Freiheitsgrade
η^2	Eta-Quadrat
♀	weiblich
♂	männlich

Abstract

Effects of strength and technique interventions on technique and performance in prepubertal swimmers.

This study was undertaken to compare the effects of three different training interventions on swimming performance (T_{25} , time for 25 m crawl) and swimming technique (ST) in 45 prepubertal swimmers. The subjects ($N = 45$, age: $8,59 \pm 0,8$ years) were trained in a standardized in-water technique training plus one of the following treatments two times per week for 9 weeks: Core strength (TG1a-RK, $N = 12$, ♀ = 6, ♂ = 6), limb strength (TG1b-VK, $N = 11$, ♀ = 5, ♂ = 6), videofeedback (TG2-VFB, $N = 10$, ♀ = 5, ♂ = 5) or in-water technique training only (KG, control group, $N = 12$, ♀ = 7, ♂ = 5). The subjects were tested in anthropometrics (height, weight), T_{25} , ST (coaches evaluated the ST with underwater video recordings with help of a questionnaire), swimming power (F_{SW} , 6 s all-out tethered swimming test), leg strength (counter movement jump), arm strength (medicine ball throw from standardized seated position) and core strength (plank test) for three test waves (pre-test, after 4 weeks, post-test after 9 weeks).

The statistic data of the ANOVA of the children of all groups did not show any significant ($p < 0,05$) changes after four or 9 weeks of training, except for core strength ($p < 0,001$), F_{SW} ($p < 0,001$) and T_{25} ($p < 0,01$). There was a huge significant difference between the strength (TG1a-RK, TG1b-VK) and the technique groups (TG2-VFB, KG) in core strength ($p < 0,001$), so TG1a-RK and TG1b-VK were dominating in the plank test after 9 weeks of treatment. All groups improved the F_{SW} ($p < 0,01$) and the ST ($p < 0,001$) after 9 weeks but there was no significant difference between the four groups for these variables. All groups showed significant enhancement in T_{25} ($p < 0,01$) and a small significant difference existed between strength and technique groups ($p < 0,05$), so the TG1a-RK and TG1b-VK improved more than TG2-VFB or KG.

Futhermore, a regression analysis was calculated for T_{25} . The predictors ST, F_{SW} , core strength and arm strength account for 35,7 % of the variance. Arm strength ($\beta = -0,43$, $p < 0,05$) and F_{SW} ($\beta = -0,24$, $p < 0,05$) had the strongest impact on T_{25} , followed by ST ($\beta = -0,18$, $p < 0,05$) and core strength ($\beta = -0,16$, $p < 0,05$).

The combination of strength and technique interventions in prepubertal swimmers led to gain core strength and improved ST and T_{25} and were more efficient than videofeedback or swimming alone.

Keywords: prepubertals, strength training, swimming technique, videofeedback, performance

Zusammenfassung

Auswirkungen von Kraft- und Technikinterventionen auf die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik von vorpubertären Kindern.

Die Studie hatte das Ziel die Auswirkungen von drei verschiedenen Trainingsinterventionen auf die Schwimmleistung (T_{25} , Zeit auf 25 m Kraul) und die Schwimmtechnik (ST) bei 45 vorpubertären Kindern zu analysieren. Die Probanden ($N = 45$, Alter: $8,59 \pm 0,8$ Jahre) durchliefen zweimal pro Woche ein standardisiertes Wassertraining plus eine der folgenden Treatments über einen 9-wöchigen Zeitraum:

Rumpfkraft- (TG1a-RK, $N = 12$, ♀ = 6, ♂ = 6), Vortriebskraft- (TG1b-VK, $N = 11$, ♀ = 5, ♂ = 6) oder Videofeedbacktraining (TG2-VFB, $N = 10$, ♀ = 5, ♂ = 5). Eine Kontrollgruppe (KG, $N = 12$, ♀ = 7, ♂ = 5) absolvierte in derselben Zeit ein Training im Wasser (Technik, Starts, Wenden, Schnelligkeit, Ausdauer).

Die folgende Testreihe wurde bei allen Probanden innerhalb von drei Testwellen (Pretest, Zwischentest nach 4 Wochen und Posttest nach 9 Wochen) durchgeführt: Anthropometrie (Körpergröße, Körpermasse), T_{25} , ST (Trainer bewerteten die Schwimmtechnik mithilfe von Unterwasseraufnahmen und einem Beobachtungsbogen), Schwimmkraft (F_{SW} , 6 s all-out tethered swimming), Beinkraft (Counter Movement Jump), Armkraft (Medizinballwurf aus standardisierter sitzender Position) und Rumpfkraft (Plank Test).

Die statistischen Daten der ANOVA der Kinder aller Gruppen zeigte nach 4 oder 9 Wochen keine signifikanten Veränderungen außer bei der Rumpfkraft ($p < 0,001$), ST ($p < 0,001$) und T_{25} ($p < 0,01$). Es existierte ein großer signifikanter Unterschied zwischen den Kraft- (TG1a-RK, TG1b-VK) und den Technikgruppen (TG2-VFB, KG) im Bereich der Rumpfkraft ($p < 0,001$), so dass TG1a-RK und TG1b-VK den Plank Test nach 9 Wochen Intervention dominierten. Alle Gruppen verbesserten sowohl F_{SW} ($p < 0,01$) als auch ST ($p < 0,001$) nach 9 Wochen, aber es gab hierbei keinen signifikanten Unterschied zwischen den Trainingsgruppen. Alle Gruppen zeigten signifikante Steigerungen in T_{25} ($p < 0,01$) nach 9 Wochen und ein signifikanter Unterschied bestand zwischen den Kraft- und den Technikgruppen ($p < 0,05$), so dass TG1a-RK und TG1b-VK die Schwimmleistung deutlicher verbesserten als TG2-VFB oder KG.

Des Weiteren wurde eine Regressionsanalyse für T_{25} berechnet. Die Prädiktorvariablen ST, F_{SW} , Rumpfkraft und Armkraft konnten 35,7 % der Varianz erklären. Armkraft ($\beta = -0,43$, $p < 0,05$) und F_{SW} ($\beta = -0,24$, $p < 0,05$) hatten den stärksten Einfluss auf T_{25} , gefolgt von ST ($\beta = -0,18$, $p < 0,05$) und Rumpfkraft ($\beta = -0,16$, $p < 0,05$).

Die Kombination von Kraft- und Techniktraining führte bei vorpubertären Kindern zu einem Anstieg der Rumpfkraft und zu einer Verbesserung von ST und T_{25} und war effizienter als Videofeedbacktraining oder reines Schwimmtraining.

Stichwörter: vorpubertäre Kinder, Krafttraining, Techniktraining, Videofeedback, Schwimmleistung

1 Einleitung, Ziele und Absichten

Schwimmen ist eine besonders trainingsintensive olympische Sportart, bei der im Schwimmbecken 32 Wettkampfdisziplinen in den Schwimmarten Freistil (im Folgenden: K), Brust (B), Rückenkraul (R) Schmetterling (S) und Lagen (L) und im Freiwasser eine Disziplin im Freistil durchgeführt werden. Die olympischen Strecken reichen von einer Distanz von 50 Meter (im Folgenden: 50 m) im Becken bis hin zu 10 Kilometer in freien Gewässern. Diese Vielfalt an Schwimmarten und -distanzen setzt ein umfangreiches Training bereits im Kindesalter voraus, um die Wahrscheinlichkeit des Erfolgs bei einem Athleten zu erhöhen (Nugent, Comyns, Giles & Warrington, 2018). Das Konzept der Langzeitentwicklung des Athleten (engl: Long term athlete development, LTAD) zielt darauf ab, den Weg für talentierte Kinder hin zu Eliteathleten zu ebnet und zu optimieren (Granacher, Lesinski, Büsch, Mühlbauer, Prieske, Puta, Gollhofer & Behm, 2016). Dieser strukturierte Weg besteht aus sieben Stufen und berücksichtigt eher die individuelle Reife als das chronologische Alter (Balyi, Way & Higgins, 2013):

1. Active Start
2. Fundamentals
3. Learn to Train
4. Train to Train
5. Train to Compete
6. Train to Win
7. Active for Life

Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Durchführung der reinen spezifischen Sportart ohne Athletiktraining nicht das volle Potential der athletischen Entwicklung auszuschöpfen vermag (Sander, Keiner, Wirth & Schmidtbleicher, 2013; Keiner, Sander, Wirth, Caruso, Immeberger & Zawieja, 2013; Keiner, Sander, Wirth & Schmidtbleicher, 2014). Viele Autoren sehen das Krafttraining als zentralen Bestandteil im LTAD-Modell, welches in allen Stufen angesprochen (Ford, Ste Croix, Lloyd, Meyers, Moosavi, Oliver, Till & Williams, 2011; Faigenbaum, Lloyd, MacDonald & Myer, 2016; Granacher et al., 2016) und so früh wie möglich in das Training implementiert werden sollte (Sander et al., 2013; Keiner et al., 2013; Keiner et al., 2014; Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Howard, Ste Croix, Williams, Best, Alvar, Micheli, Thomas, Hatfield, Cronin & Myer, 2015b).

Tatsächlich sollte die Muskelkraft junger Sportler gefördert werden, um den Erwerb motorischer Fähigkeiten zu unterstützen, die körperliche Fitness und die sportlichen Leistungen zu optimieren, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Athleten zu verbessern und das Risiko sportbedingter Verletzungen zu verringern (Faigenbaum, Farrell, Fabiano, Radler, Naclerio, Ratamass, Kang & Myer, 2013a; Faigenbaum, MacDonald & Haff, 2019; Granacher et al., 2016; Lloyd, Cronin, Faigenbaum, Haff, Howard, Kraemer, Micheli, Myer & Oliver, 2016a; Lloyd, Faigenbaum, Stone, Oliver, Jeffreys, Moody, Brewer, Pierce, McCambridge, Howard, Herrington, Hainline, Micheli, Jaques, Kraemer, McBride, Best, Chu, Alvar & Myer, 2014a; Faigenbaum, Kraemer, Blimkie, Cameron, Jeffreys, Micheli, Nitka & Rowland,

2009; Stratton, Jones, Fox, Tolfrey, Harries, Maffulli, Lee & Frostick, 2004). Allerdings müssen Trainer bei der Konzeption eines Athletiktrainingprogramms darauf achten, dem Einfluss des Wachstums und der Reifung der Kinder Rechnung zu tragen (Pichardo, Oliver, Harrison, Maulder & Lloyd, 2018).

Das Krafttraining für Schwimmer ist mittlerweile nicht nur für die Sprinter, sondern auch für Mittel- und Langstreckenathleten populär, wenn auch in anderer Form (Riewald, 2015). Prinzipiell stimmen Trainer, Athleten und Wissenschaftler überein, dass ein Krafttraining die schwimmerische Leistung besonders bei Sprintern verbessern kann (Newton, Jones, Kraemer & Wardle, 2002; Bishop, Cree, Read, Chavda, Edwards & Turner, 2013; Arellano & Pardillo, 1992; Sanders & McCabe, 2015; Havriluk, 2010). Des Weiteren versucht man durch Krafttraining Verletzungen vorzubeugen (Newton et al., 2002; Bishop et al., 2013). Die positiven Auswirkungen eines Krafttrainings an Land auf die Schwimmleistung wurde in Überblicksartikeln (engl. review article) beschrieben (Vorontsov, 2011; Crowley, Harrison & Lyons, 2017; Aspenses & Karlson, 2012; Morouço, Marinho, Amaro, Pérez-Turpin & Marques, 2012), daher scheint eine gut entwickelte Muskulatur eine bedeutende Rolle für die Erlangung schwimmerischer Höchstleistung zu spielen (Crowley, Harrison & Lyons, 2018; Girold, Maurin, Dugué, Chatard & Millet, 2007; Potdevin, Alberty, Chevutschi & Sidney, 2011). Studien haben gezeigt, dass die Fähigkeit, Kraft im Wasser zu entwickeln einen entscheidenden Faktor bei den kurzen Distanzen, wie zum Beispiel 50 m und 100 m darstellt (Morouço, Neiva, González-Bardillo, Garrido, Marinho & Marques, 2011b). Außerdem muss berücksichtigt werden, dass der Start im Schwimmen – bestehend aus Startsprung, Flugphase, Eintauchphase und Übergang – für die kurzen Distanzen bis zu 30 Prozent der Gesamtzeit ausmacht (Cossor, Blanksby & Elliot, 1999; Lyttle & Blanksby, 2011).

Der Review von Behm und Kollegen (2008) beschreibt, dass Verbesserungen der athletischen Leistung meist dann gezeigt werden, wenn man das Krafttraining mit dem sportartspezifischen Training kombiniert (Behm, Faigenbaum, Falk & Klentrou, 2008).

Den Effekt einer Kombination aus plyometrischen Sprüngen und Techniktraining im Wasser auf die Schwimmleistung untersuchten bereits mehrere Studien (Bishop, Smith, Smith & Rigby, 2009; Potdevin et al., 2011; Rejman, Bilewski, Szczepan, Klarowicz, Rudnik & Mackala, 2017). Bishop und Kollegen (2009) kombinierten in einem 8-wöchigen Zeitraum ein plyometrisches Training an Land mit einem Schwimmtraining bei postpubertären Athleten und beobachteten eine signifikante Verbesserung bei der Flugzeit beim Schwimmstart um 15,6 Prozent und bei der Schwimmzeit bis 5,5 m eine Verbesserung um 15,4 Prozent. Eine andere Studie untersuchte den Einfluss eines Kombinationstrainings (plyometrisches Training und Schwimmtraining) auf die Schwimmleistung bei vorpubertären Kindern (Sammoud, Negra, Chaabene, Bouguezzi, Moran & Granacher, 2019). Die Autoren beobachteten bei der Kraftgruppe signifikante Verbesserungen im Bereich der Sprungkomponenten (CMJ = Counter Movement Jump, SLJ = Stand-Long Jump) sowie bei den Schwimmzeiten (T_{25} und T_{50}), jedoch nur geringe Effekte bei der Gruppe mit reinem Schwimmtraining (Sammoud et al., 2019). Allerdings wird auch ange-

merkt, dass ein Kraft- bzw. Kraftausdauertraining im Jahresverlauf vor dem Schnellkrafttraining (plyometrischen Training) aufgebaut werden sollte, um für die nachfolgenden schnellkräftigen Aktivitäten eine kraftmäßige Grundlage zu schaffen (Behm, Young, Whitten, Reid, Quigley, Low, Li, Lima, Hodgson, Chaouachi, Prieske & Granacher, 2017). Die Schwimmleistung kann daher nicht nur durch reines Wassertraining, sondern auch durch ein Krafttraining an Land verbessert werden (Crowley et al., 2018; Potdevin et al., 2011).

Neben dem vielfach untersuchten plyometrischen Training existieren Belege, dass ein Rumpfkrafttraining zwar die muskuläre Ausdauer verbessert (Granacher, Schellbach, Klein, Prieske, Baeyens & Muehlbauer, 2014), aber nur einen trivialen Effekt auf die sportliche Leistung zu haben scheint (Prieske, Muehlbauer & Granacher, 2016). Prieske und Kollegen (2016) stellten eine Metaanalyse vor, bei der die Auswirkungen des Rumpfkrafttrainings auf die Rumpfkraftfitness (Plank Test) und die sportliche Leistung (5000 m Laufzeit) bei 16- bis 44-jährigen Athleten untersucht wurden. Unabhängig vom Leistungsniveau der Probanden konnte das Rumpfkrafttraining die Rumpfmuskulatur verbessern ($ES = 1,07$), aber nicht die sportliche Leistung ($ES = 0$) (Prieske et al., 2016). Trotzdem empfehlen Autoren, das Rumpfkrafttraining in alle Stufen des LTAD-Programms zu integrieren (Granacher et al., 2016; Faigenbaum et al., 2016). Die von Prieske und Kollegen (2016) untersuchten Probanden befanden sich im postpubertären Alter, weshalb die Ergebnisse nicht zwangsläufig in Bezug auf vorpubertäre Athleten generalisiert werden dürfen.

Tanaka und Kollegen (1993) berichteten über den Effekt eines kombinierten Schwimm- und Krafttrainings (letzteres an Land) auf die Sprintgeschwindigkeit bei College Schwimmern (Tanaka, Costill, Thomas, Fink & Widrick, 1993). Die Daten zeigen, dass die Kraftinterventionsgruppe trotz steigender Muskelkraft im Oberkörper keinen Vorteil gegenüber der Wassertrainingsgruppe erzielte (Tanaka et al., 1993). Die Autoren vermuteten, dass das herkömmliche Krafttraining an Land nicht speziell genug war, um die Schwimmbewegung im Wasser abzubilden (Tanaka et al., 1993), da die Schwimmbewegung und die damit verbundene Kraftübertragung ins Wasser besonders von der Schwimmtechnik abhängt (Tanaka et al., 1993; Tanaka & Swensen, 1998). Die gesichteten Studien deuten darauf hin, dass der mechanische Zugverlauf der Arme und Beine für den Schwimmerfolg von größerer Bedeutung ist, als die muskuläre Kraft des Oberkörpers (Craig, Skehan, Pawelczyk, Boomer, 1985; Costill, Kovalski, Porter, Kirwan, Fielding & King, 1985; Tanaka et al., 1993; Toussaint & Vervoorn, 1990; Yancher, Larson & Bear, 1983). Allerdings muss auch erwähnt werden, dass jugendliche Schwimmer durch eine Krafttrainingsintervention ihren biomechanischen Zugverlauf (i. S. Zuglänge und Zugfrequenz) und damit auch die Schwimmtechnik und die Schwimmleistung verbessern (Morais, Silva, Garrido, Marinho & Barbosa, 2018; Lätt, Jürimäe, Mäestu, Purge, Rämson, Haljaste, Keskinen, Rodriguez & Jürimäe, 2010). Vielfach wird in der Literatur berichtet, dass Techniktraining für die Jugendlichen eine wesentlich größere Bedeutung hat, als ein Krafttraining (Kjendlie, Ingjer, Stallman & Stray-Gundersen, 2004; Barbosa, Costa, Marinho, Coelho, Moreira & Silva, 2010;

Garrido, Marinho, Reis, van den Tillaar, Costa, Silva & Marques, 2010a). Auch die Tatsache, dass Schwimmen als technische Sportart gilt und die Wettkampfleistung hochsignifikant von der sportartspezifischen Technik abhängt, gilt als unbestritten (Toussaint, v. d. Helm, Elzerman, Hollander, de Groot & van Ingen Schenau, 1983; Kolmogorov & Duplishcheva, 1992).

Neben der Ausbildung der konditionellen Fähigkeiten werden im LTAD-Modell der Erwerb von Grundfertigkeiten und der sportartspezifischen Technik angesprochen (Pichardo et al., 2018). Ohne jeden Zweifel müssen sporttechnische Reize bereits im vorpubertären Kindesalter gesetzt werden, um später im Leistungssport eine Feinform der sportlichen Technik zu erlangen (Lloyd & Oliver, 2012).

Um eine sportliche Technik zu erlernen, geben die Trainer Feedback über die Leistung des Athleten in Form von gemessenen Zeiten, verbalem oder visuellem Feedback (Tor, Pease, Maloney, Ball & Farrow, 2018). Letzteres kommt im Zeitalter der Digitalisierung immer häufiger in Form des Videofeedbacktrainings zum Einsatz.

Das Videofeedback liefert zusätzliche Informationen über die Fähigkeiten des Athleten und dient insbesondere als Hilfestellung beim Erlernen vielschichtiger motorischer Bewegungsaufgaben (Tor et al., 2018; Hottenrott & Seidel, 2017; Hohmann, Singh & Voigt, 2017).

Zuletzt wurden vermehrt Studien publiziert, die auditiv-visuelles (Thow, Naemi & Sanders, 2012; Sanders, 1995; Tor et al., 2018) und kinästhetisches (Kraftverlaufskurve) Feedback (Havriluk, 2006, 2010) bei Eliteschwimmern einsetzen, um komplexe schwimmerische Bewegungen zu verbessern. Gemeinsam war allen Studien, dass die Auswirkung eines Videofeedbacktrainings auf diffizile Bewegungsmuster (Startsprung, Brustschwimmtechnik) bei Eliteathleten untersucht wurden. Im Rahmen dieser Recherche konnte lediglich eine Studie gesichtet werden, die den Effekt eines Videofeedbacktrainings auf die Schwimmtechnik bei vorpubertären Kindern erforschte (Bunker, Shearer & Hall, 1976). Diese Studie zeigte bei jüngeren Probanden (4,5 – 6,4 J) keinen positiven Technikerwerb beim Kraulbeinschlag im Vergleich zur Kontrollgruppe. Ältere Versuchspersonen (6,5 – 8,5 J) verbesserten ihren Beinschlag beim Kraulschwimmen jedoch durch das Videofeedbacktraining (Bunker et al., 1976). In einer weiteren Studie wurden Anfängerschwimmer (in diesem Fall keine Kinder) einer Intervention mit visuellem und auditivem Feedback unterzogen (Giannousi, Mountaki & Kioumourtzoglou, 2017). Die Experimentalgruppe wies größere Verbesserungen beim Erlernen der Schwimmtechnik über 25 m Kraul auf als die Kontrollgruppe (Giannousi et al., 2017). Auch die Probanden von Atkison (2018) verbesserten ihren Staffelstart (Zeit bis 15 m) nach einem 3-wöchigen Videofeedbacktraining.

Die Grundausbildung im Schwimmen zielt darauf ab, die bestmöglichen Voraussetzungen für die vorpubertären Athleten zu schaffen und somit den Spagat zwischen dem Aufbau der konditionellen und der sportartspezifisch-technischen Fähigkeiten zu meistern. Beide Komponenten sind für die schwimmerische Leistung bedeutend (Havriluk, 2010). Grundsätzlich gibt es Grund zur Annahme, dass sich sowohl ein Kraftausdauertraining, eine Kombination aus Kraftausdauer- und Techniktraining, aber auch ein reines Techniktraining positiv auf die

konditionellen und die technischen Fähigkeiten auswirkt. Unklar ist bisher, welche dieser Trainingsinterventionen den größten positiven Einfluss auf die sportliche Leistung und die sportartspezifische Technik von vorpubertären Kindern hat.

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, den Einfluss eines 9-wöchigen Schwimmtechniktrainings sowie eine Kombination aus Kraftausdauer- und Schwimmtechniktraining auf die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik zu untersuchen.

Die Ergebnisse könnten Aufschluss darüber geben, ob ein reines Techniktraining im Wasser für die vorpubertären Kinder zur Verbesserung der Schwimmtechnik und der Schwimmzeit besser geeignet ist, als ein Kombinationstraining aus Kraftausdauertraining an Land und Schwimmtraining im Wasser.

2 Grundlagen des Krafttrainings bei Kindern

Das Krafttraining für Kinder wird seit über 40 Jahren kontrovers diskutiert. Dieses Kapitel soll den Hintergrund beleuchten, welche Chancen und Risiken sich aus einer Krafttrainingsintervention für die Kinder ergeben. Unbestritten ist, dass bei Krafttrainingsprogrammen strikte Richtlinien einzuhalten sind, welche in der Literatur vielfach dargestellt wurden. Des Weiteren beleuchtet dieses Kapitel folgende Punkte: Welche Fitnesszugewinne können bei Kindern nach einem Krafttraining erzielt werden und vor allem wie effektiv es für Kinder ist.

2.1 Begriffserläuterungen: Krafttraining

Das Kraft- beziehungsweise Kraftausdauertraining ergänzt im Rahmen dieser Interventionsstudie das Techniktraining im Schwimmen in Form eines Trockentrainings (engl: dry-land training, Rudolph, 2008). Der hier verwendete Begriff Krafttraining für Kinder ist von Kraftsportarten wie Bodybuilding, Kraftdreikampf (engl: powerlifting) und Gewichtheben (engl: weight lifting) deutlich abzugrenzen (Faigenbaum, 2003).

Obwohl im deutschsprachigen Raum das Krafttraining für sich steht, so existieren in der englischsprachigen Literatur die Begriffe strength training, resistance training und weight training (Hartmann, Platen, Niessen, Mank, Marzin, Bartmus & Hawener, 2010; Schiffer, Mechling & Igel, 2007). Werden Kraftwerte aus physikalischer Sicht betrachtet, darf der Begriff force nicht unerwähnt bleiben (Schiffer et al., 2007). Für den deutschen Begriff Kraftausdauer existieren im Englischen wieder drei Begriffe: muscle endurance, muscular endurance und strength endurance (Schiffer et al., 2007). Die englischen Begriffe für Kraft und Kraftausdauer werden zum Teil synonym verwendet (Fleck & Kraemer, 2004), weichen aber nach Hartmann und Kollegen (2010) voneinander ab, was eine eindeutige Definition des Begriffs Kraft erschwert.

Die British Association of Sport and Exercise Science (BASES) definiert den Begriff resistance exercise im Position Statement wie folgt (Stratton et al., 2004, S.383):

„Resistance exercise may involve a variety of activities that create work demands on the muscles such as weigh- and load-bearing exercise (e.g. climbing), specific body weight exercises

(e.g. curl ups, press-ups, jumping, hopping) and the use of resistance material (e.g. stretch bands, fixed weight machines, free weights)“.

Die amerikanische Definition von Faigenbaum (2003, S. 1) berücksichtigt zudem physiologische Aspekte:

„It must be emphasized that the term resistance training refers to a specialized method of conditioning that involves the progressive use of a wide range of resistive loads and a variety of training modalities (e.g., free weights [barbells and dumbbells], weight machines, elastic cords, medicine balls, and body weight) designed to enhance muscle function, increase muscle size, improve body composition, boost sports performance, and reduce athletic injuries“.

Vorherige Definitionen (Stratton et al., 2004, S. 383; Fleck & Kraemer, 2004, S. 3) ließen die Muskelvergrößerung, Körperzusammensetzung, sportliche Leistungsfähigkeit und die Reduktion sportbedingter Verletzungen außen vor. Daher kommt die Definition von Faigenbaum (2003) dem Begriff Krafttraining am nächsten und kann diesen am differenziertesten erklären (Hartmann et al., 2010).

In der Literatur wird zwischen dem allgemeinen (= Athletiktraining) und dem speziellen (= spezifischen) Krafttraining unterschieden (Wirth, Schlumberger, Zawieja & Hartmann, 2013; Witt, 2014; Rudolph, 2008; Bompa, 1999; Wirth, Hartmann, Keiner & Sander, 2012; Hahn & Strass, 2017). Die allgemeine Kraft wird in der Trainingslehreliteratur nicht mit einer speziellen Sportart gekoppelt und entwickelt viele unterschiedliche Muskelgruppen, wohingegen die spezielle Kraft mit der Bewegung einer Sportart verbunden ist (Hollmann & Strüder, 2009; Weineck, 2010; Wirth et al., 2012; Martin, Carl & Lehnertz, 1993; Hahn & Strass, 2017). Das allgemeine Krafttraining soll die Skelettmuskulatur möglichst umfassend entwickeln und die Ansteuerung über das zentrale Nervensystem verbessern (Wirth et al., 2013; Witt, 2014; Wirth, et al., 2012). Es wird deutlich, dass hiermit Grundübungen (z.B. Kniebeugen, Klimmzüge, Bankdrücken etc.) gemeint sind (Wirth et al. 2013). Mittlere bis hohe Belastungsintensitäten und ein hoher Ermüdungsgrad kennzeichnen ein allgemeines Krafttraining (Wirth et al., 2013). Es wird mehrfach betont, dass sich Defizite der allgemeinen Kraftfähigkeiten negativ auf den Lernprozess des Athleten auswirken (Bompa, 1999). Hollmann und Strüder (2009, S. 233) schreiben wörtlich:

„Summarisch ist festzustellen, daß das allgemeine Muskelkrafttraining in der Vorbereitung bestimmter Wettkampfdisziplinen nur die Grundlage darstellen kann. Entscheidend wichtig ist das spezielle Krafttraining für jede einzelne Sportart“.

Dieses wird jedoch meist als Vorbereitung einer Trainingsphase oder in den ersten Jahren eines sportlichen Trainings von Anfängern eingesetzt (Bompa, 1999; Rudolph, 2008).

Im Schwimmen wurde die Unterteilung für das allgemeine und spezielle Krafttraining ähnlich definiert (Witt, 2014, S.156):

„Das allgemeine Krafttraining umfasst die Ausbildung der Antriebsmuskulatur für zyklische Schwimmbewegungen (Extremitäten), den azyklischen Bewegungsanteil für Start und Wende (Beinstreckung) und das Rumpfkrafttraining“.

Das spezifische Krafttraining gleicht einer Schwimmbewegung, beinhaltet jedoch größere Widerstände als die Wettkampfform (Rudolph, 2008; Witt, 2014). Das all-

gemeine und das spezielle Krafttraining lassen sich nicht immer strikt trennen, da jede Art von Krafttraining im weiteren Sinne die Schwimmleistung positiv beeinflussen kann (Hahn & Strass, 2017).

Simuliert man beispielsweise den Kraularmzug beim Schwimmen an Land durch eine isokinetische Schwimmbank (engl. Isokinetic swim bench), so ist diese Art von Training dem speziellen Krafttraining zuzuordnen. Nach Hahn und Strass (2017) liegt der Widerstand bei der Schwimmbank jedoch niedriger als 40 Prozent der Maximalkraft, weshalb sie dieses Training eher dem Ausdauertraining zuweisen.

Obwohl vereinzelt Zweifel an der Wirksamkeit des Krafttrainings aufgrund einer schlechteren Beweglichkeit (und damit größerem Widerstand im Wasser) im Raum stehen, gehört es zum Bestandteil des Trainings eines Schwimmers und wird vielfach empfohlen (Mujika, Busso, Geysant & Chatard, 1996; Crowley et al., 2017; Aspenes, Kjendlie, Hoff & Helgerud, 2009; Manning, Dooley-Manning, Terell & Salas, 1986; Bradshaw & Hoyle, 1993; Gallagher, 1976a; 1976b; Abt, Basner, Böcker, Horfilder, Nuyen & Wirtz, 2002; Riewald, 2015; Cronin, Jones & Frost, 2007).

2.2 Chancen und Risiken beim Krafttraining von Kindern

Lange Zeit wurde das Krafttraining für vorpubertäre Kinder von Experten nicht empfohlen. Angst vor Verletzungen des noch jungen Bewegungsapparates war die Hauptsorge, warum Kinder lange Zeit nicht an solchen Trainingsprogrammen teilnahmen (Kraemer, Fry, Frykman, Conroy & Hoffman, 1989). In den Vereinigten Staaten von Amerika erhob die NEISS (National Electronic Injury Surveillance System) Daten von Patienten aus den Notaufnahmen der Krankenhäuser (Faigenbaum et al., 2009; McCambridge & Stricker, 2008; Jones, Christensen & Young, 2000). Viele dieser Verletzungen sind nicht zwangsläufig mit dem Krafttraining per se verbunden. Vielmehr stammen diese aus einer falschen Ausführungstechnik, falschem Gewicht, dürrtigem Trainingsequipment, vernachlässigtem Aufwärmen oder dem Fehlen einer qualifizierten Aufsichtsperson (Faigenbaum et al., 2009; Kraemer et al., 1989; Fleck & Kraemer 2004; Jones et al., 2000; Kannus, 1998). Obwohl diese Ergebnisse dafürsprechen, dass ein unbeaufsichtigtes und willkürlich geführtes Krafttraining Verletzungen hervorrufen kann, ist der Schluss falsch, dieses Verletzungsrisiko auch auf ein geplantes und überwachtetes Krafttrainingsprogramm zu übertragen (Faigenbaum et al., 2009).

Die Forschungsergebnisse aus den letzten 20 Jahren ergeben ein anderes Bild. Bei strikter Beachtung der Richtlinien (vgl. Kapitel 2.3) besteht für das beaufsichtigte Krafttraining von Kindern ein geringes Verletzungsrisiko und es ist damit relativ sicher (Faigenbaum et al., 2009; Faigenbaum, Lloyd & Myer, 2013b; Guy & Micheli, 2001; Kraemer et al., 1989; Weltman, Janney, Rians, Strand, Berg, Tippitt, Wise, Cahill & Katch, 1986; Servedio, Bartels, Hamlin, Teske, Shaffer & Servedio, 1985; Fleck & Kraemer, 2004; Malina, Bouchard & Bar-Or., 2004; Behm et al., 2008; Jones et al., 2000; Falk & Eliakim, 2003; Malina, 2006; Barbieri, Davide, Zaccagni & Luciana, 2013; Benjamin & Glow, 2003). Es existieren aus

Sicht des Autors keine klinischen oder prospektiven Studien, die einem beaufsichtigten Krafttraining ein großes Verletzungsrisiko nachweisen (Stand: 2021). Faigenbaum und Kollegen (2009) beschrieben in ihrem Überblicksartikel zwei Studien mit dem Thema Sportverletzungen (Zaricznyi, Shattuck, Mast, Robertson & D'Elia, 1980; Hamill, 1994). Zaricznyi und Kollegen (1980) untersuchten über einen Zeitraum von einem Jahr sportbedingte Verletzungen an Schulen, wobei 0,7 Prozent von 1576 Sportverletzungen dem Krafttraining zugeschrieben wurden. Das ist ein relativ geringer Prozentsatz im Vergleich zu Sportarten, wie American Football (19%), Basketball (15%), Fußball (2%) (Zaricznyi et al., 1980). Ein ähnliches Bild zeigt die Studie von Hamill (1994). Innerhalb des Zeitraums von 100 Stunden Krafttraining wurden lediglich 0,0035 Verletzungen registriert (Hamill, 1994). Basketball war hier mit 1,03 Verletzungen pro 100 Stunden um mehr als das 100-fache gefährlicher (Hamill, 1994). Fußball war im Vergleich mit Krafttraining mit 6,20 Verletzungen pro 100 Zeitstunden mehr als 1000-mal gefährlicher (Hamill, 1994). Als Ursache für die Verletzungen kommen dagegen andere Faktoren ins Spiel. In einigen Studien steigerten die Probanden das Gewicht zu schnell oder führten die Bewegung mit falscher Technik aus (Faigenbaum et al., 2009; Brady, Cahill & Bodnar, 1982; Gumbs, Segal, Halligan & Lower, 1982; Ryan & Saliccioli, 1976; Kraemer et al., 1989).

In allen recherchierten Quellen wird ausnahmslos empfohlen, ein Krafttraining unter Aufsicht von qualifizierten Trainern auszuführen (Brady et al., 1982; Gumbs et al., 1982; Ryan & Saliccioli, 1976; Fleck & Kraemer, 2004; Ford et al., 2011). Unter qualifizierter Anleitung und mit stufenweiser Steigerung des Trainingsprogramms belegten Forscher einen signifikanten Kraftzuwachs ohne Verletzungen (González-Badillo, Gorostiaga, Arellano & Izquierdo, 2005; Servedio et al., 1985; Faigenbaum et al., 2009). Außerdem zeigte sich, dass ein begleitendes Krafttraining nicht nur die Verletzungsrate reduziert, sondern auch im Falle der Verletzung mit einer geringeren Trainingspause bei High School Schülern einhergeht (Hejna, Rosenberg, Buturusis & Krieger, 1982).

Es besteht auch ein deutlich größeres Verletzungsrisiko, wenn Kinder oder Erwachsene zuhause ein Krafttrainingsprogramm mit dem eigenen Equipment durchführen (Gould & DeJong, 1994; Jones et al., 2000; McCambridge & Stricker, 2008; Martinez, Snyder & Smith 2011; Jenkins & Mintowt-Czyz, 1986; Faigenbaum et al., 2009). Die Studie von Martinez und Kollegen (2011) wertete aus der NEISS-Datenbank über 240 000 sportnahe Verletzungen mit Heimequipment von 1990 bis 2008 aus. Pro Jahr verletzten sich dabei durchschnittlich 12 741 Kinder (Martinez et al., 2011). Statistisch gesehen gab es innerhalb einer 19-jährigen Studie einen jährlichen Anstieg der Verletzungszahl um 41 Prozent (Martinez et al., 2011).

Sportliche Aktivitäten gehen häufig mit Risiken, aber auch gesundheitlichen Vorteilen einher. Wie bereits erwähnt, kann das Verletzungsrisiko auf ein Minimum beschränkt werden, wenn qualifizierte Trainer ein passendes Programm erstellen und beaufsichtigen (Faigenbaum et al., 2009; Zaricznyj et al., 1980; Hamill, 1994; Rowe, 1979). In Zahlen ausgedrückt heißt das, dass ein Viertel aller Sportverletzungen verhindert werden könnte, wenn minimale Sicherheitsstandards

vorhanden wären (Zaricznyj et al., 1980; Gumbs et al., 1982). Umso wichtiger ist es, die Bedürfnisse der Kinder ernst zu nehmen, Gewichte sensibel zu steigern und ausreichend Pausen zwischen den Sets einzuhalten (Faigenbaum et al., 2009).

Die größten Bedenken hinsichtlich des Krafttrainings bei Kindern betreffen das Wachstum. Einige Forscher (Fleck & Kraemer, 2004; Tonkonogi, 2008) kritisieren die sich über lange Jahre hartnäckig haltende These, dass Krafttraining das Wachstum der Kinder hemme oder zu einer Verletzung der Epiphysenfuge führen könne. Umgekehrt wurde berichtet, dass eine Verletzung im epiphysealen Bereich zu einer Wachstumsstörung oder Fehlstellungen führen kann (Faigenbaum et al., 2009; Caine, DiFiori & Mafulli, 2006; Tonkonogi, 2008; Naughton, Farpour-Lambert, Carlson, Bradney & van Praagh, 2000; Bilcheck, 1989). Faigenbaum und Kollegen (2009) führen aus, dass in einigen retrospektiven Fallberichten die Verletzungen auf eine falsche Ausführungstechnik, falsch gewählte Gewichte oder auf das Fehlen qualifizierter Erwachsener zurückgeführt werden (Brady et al., 1982; Gumbs et al., 1982; Rowe, 1979; Ryan & Saliccioli, 1976; Kraemer et al., 1989; Jones et al., 2000; Faigenbaum, Myer, Naclerio & Cases, 2011; Jenkins & Mintowt-Czyz, 1986). Es muss an dieser Stelle explizit hervorgehoben werden, dass es sich bei Brady et al. (1982), Gumbs et al. (1982), Rowe (1979), Jenkins und Mintowt-Czyz (1986) und Ryan und Salicciolo (1976) um Gewichtheber handelte, deren Training nicht mit einem beaufsichtigten, nach Richtlinien durchgeführten Krafttraining verglichen werden kann. Führt ein Athlet die Bewegung falsch aus, kann dies in der Tat zu Verletzungen führen (Jones et al., 2000).

Es ist mehrfach belegt, dass ein ausgeprägtes Athletiktraining den normalen Wachstumsverlauf der Kinder nicht beeinträchtigt (Rowland, 2005; Nauthon et al., 2000; Zauner, Maksud & Melichna, 1989; Falk & Eliakim, 2003; Lloyd et al., 2014b; Sadres, Eliakim, Constantini, Lidor & Falk, 2001; Damsgaard, Bencke, Matthiesen, Petersen & Müller, 2000). Es gibt nach Ansicht mehrerer Autoren keine wissenschaftlichen Belege, die dem Krafttraining einen negativen Einfluss auf die Reifung oder das Wachstum der Kinder oder der Erwachsenen unterstellen (McCambridge & Stricker, 2008; Ramsay, Blimkie, Smith, Garner, MacDougall & Sale, 1990; Weltman et al., 1986; Falk & Eliakim, 2003; Malina, 2006; Malina et al., 2004; Behm et al., 2008; Rians, Weltman, Cahill, Janney, Tippett & Katch, 1987; Wirth et al. 2013). Die These, dass ein nach den Richtlinien durchgeführtes Krafttraining gefährlich sei, kann im Rahmen dieser Recherche nicht bestätigt werden (Hamill, 1994; Wirth et al., 2013).

Faigenbaum und Kollegen (2009) führen aus, dass Schmerzen im unteren Rückenbereich häufig bereits im Kindesalter auftreten und somit ein Gesundheitsproblem darstellen (Jeffries & Milanese, 2007; Andersen, Wedderkopp & Leboeuf-Yde, 2006; Fleck & Kraemer, 2004; Mayer, Arampatzis, Banzer, Beck, Brüggemann, Hasenbring, Kellmann, Kleinert, Schlitenwolf, Schmidt, Schneider, Stengel, Wippert & Platen, 2018). Ungenügend Kraft, fehlende muskuläre Ausdauer und Instabilität im Rückenbereich führen häufig zu Rückenproblemen in späteren Jahren (Andersen et al., 2006; Sjölie & Ljunggren, 2001; Faigenbaum et al., 2009). Andererseits wurde berichtet, dass Kinder mit hoher isometrischer

Muskelausdauer weniger häufig Rückenschmerzen beklagen (Andersen et al., 2006).

Betrachtet man den gesundheitlichen Aspekt eines Krafttrainings, so lässt sich feststellen, dass physische Aktivitäten sehr viele Vorteile bringen (Kraemer et al., 1989; Weltman et al., 1986; Faigenbaum et al., 2016). Bewegung ist wichtig für das natürliche Wachstum, den Skelettaufbau und die Entwicklung des Kindes (Faigenbaum et al., 2009; Rowland, 2005). Das Wettkampfschwimmen von Kindern und Erwachsenen scheint weder die Knochendichte als Indikator für die Knochenfestigkeit (Naughton et al., 2000), noch die Knochenmineralisierung negativ zu beeinträchtigen (Collins, Ward, McClanahan, Slawson, Vukadinovich, Mays, Wilson & Relyea, 2019; Avlonitou, Georgio, Douskas & Louizi, 1997). Außerdem lassen sich die Knochenparameter nach einer 6-wöchigen Krafttrainingsinterventionsstudie sogar noch verbessern (Yu, Sung, So, Lui, Lau, La, & Lau, 2005).

Für vorpubertäre Kinder wurden Langzeiteffekte nach einem 5- bis 12-monatigem plyometrischen Krafttraining im Bereich der Knochendichte registriert (Markovic & Mikulic, 2010). Die Ergebnisse sind im Einklang mit Langzeituntersuchungen (15 Monate) von Nichols, Sanborn und Love (2001) und der Iowa Bone Development Studie (Janz, Medema-Johnson, Letuchy, Burns, Gilmore, Torner, Willing & Levi, 2008). Beide Knocheneigenschaften führten zu einer größeren Knochenmasse und damit zu einem gesunden Skelettsystem (Khan, McKay, Haapasalo, Bennell, Forwood, Kannus & Wark 2000; Ondrak & Morgan, 2007; Wirth et al. 2013). Interessant ist außerdem, dass die sportliche Aktivität im Kindesalter ein wichtiger Baustein für die Knochenmineralisierung im Erwachsenenalter darstellt und damit dabei hilft Osteoporose vorzubeugen (Khan et al. 2000). Die Studie von Lee, Mohan und Edwards (1998) konnte bei einer Krafttrainingsintervention weder Verletzungen im Bereich der Epiphyse, noch eine Hemmung des Wachstums bei 11-jährigen Kindern feststellen. Lloyd und Kollegen (2014a) sprechen sogar von einem erhöhten Risiko für die Gesundheit im Alter, wenn Kinder nicht an sportlicher Aktivität teilnehmen, die die Muskulatur und die motorischen Fähigkeiten anspricht.

Zur Vorbeugung sportartspezifischer Probleme, beispielsweise der Schwimmerschulter existieren Trockentrainingsprogramme, um diesen Beschwerden präventiv entgegenzuwirken (Batalha, Raimundo, Tomas-Carus, Paulo, Simao & Silva, 2015). Ein Krafttraining für den Schultergürtel wirkte sich positiv auf die Rotatorenkraft aus und half bei der Erhaltung des Schultermuskelgleichgewichts (Batalha et al., 2015).

Ein progressives Krafttraining unterstütze adipöse Kinder, ihr Körperfett signifikant und ohne Diät zu reduzieren (Benson, Torode & Singh, 2008; Faigenbaum et al., 2009). Die Teilnahme an altersgerechten Fitnessprogrammen kann das physische und psychosoziale Wohlbefinden der Kinder steigern (Faigenbaum et al., 2009; Annesi, Westcott, Faigenbaum & Unruh 2005; Velez, Golem & Arent 2010; McCambridge & Stricker, 2008). Einige Autoren befürworten ein Krafttraining für Kinder (Kraemer et al., 1989; Kraemer & Fleck, 1993), da es das kardiovaskuläre Profil (Fleck, 1988), die sportliche Leistung (Faigenbaum, 2007) und das Blutfettprofil verbessert (Faigenbaum et al. 2009; Weltman, Janney, Rians, Strand &

Katch, 1987). Bei jungen Sportlern konnte festgestellt werden, dass sich durch Krafttraining das Verletzungsrisiko senkte und kürzere Rehabilitationszeiten folgten (Cahill & Griffith, 1978; Faigenbaum et al., 2009; Kraemer et al., 1989; Fleck & Kraemer, 2004; Kraemer & Fleck 1993; Hejna et al., 1982). Außerdem scheinen die besagten Verletzungen bei Jugendlichen weniger schwer auszufallen, wenn sie vorab ein Krafttraining absolvierten (Cahill & Griffith, 1978; Hejna et al., 1982). Kinder sollten daher zur regelmäßigen Teilnahme an sportlichem und sicherem Training ermutigt werden (Stratton et al., 2004; Lloyd et al., 2014a), um das Risiko vor späteren Krankheiten (Diabetes, kardiovaskuläre Krankheiten etc.) zu reduzieren (Rowland, 2005; Fleck & Kraemer, 2004; Khan et al., 2000; Kesztyüs & Steinacker, 2017).

2.3 Richtlinien für das Krafttraining mit Kindern

Wie bereits erwähnt, gelten für das Krafttraining mit Kindern besondere Richtlinien. Dazu wurden im vorherigen Kapitel einige Punkte genannt, weshalb diese Liste lediglich vervollständigt werden soll (Hamill, 1994; McCambridge & Stricker, 2008; Kraemer et al., 1989; Faigenbaum & Westcott, 2009; Blimkie & Bar-Or, 2005; Wirth et al., 2013; Lloyd et al., 2014a; Dahab & McCambridge, 2009; Drenowatz & Greier, 2018; Myer, Faigenbaum, Chu, Falkel, Ford, Best & Hewett, 2011):

- Ein medizinischer Vorabcheck ist bei jeder sportlichen Aktivität sinnvoll.
- Begonnen wird immer mit einem kurzen Aufwärmen.
- Kinder müssen immer und während der gesamten Übungsphase von Spezialisten beaufsichtigt werden. Die Trainer überwachen und verbessern die Bewegungstechnik, um das Verletzungsrisiko zu reduzieren.
- Der Trainer muss klare und anschauliche Anweisungen sowie eine kindgerechte Erklärung zu den Techniken liefern.
- Kinder beginnen immer zuerst mit sehr leichten Gewichten, um eine saubere Technik zu erlernen.
- Für Kinder eignen sich freie Gewichte, Medizinbälle, Stretchbänder oder das eigene Körpergewicht besser als schwere Maschinen. Kraftmaschinen sind meist für Erwachsene konstruiert und nicht für Kinder. Alle Trainingsgeräte müssen vor Verwendung auf ihre Sicherheit überprüft werden.
- Explosives Krafttraining ist nicht zu empfehlen, da eine saubere Ausführungstechnik dabei nicht garantiert werden kann.
- Es sollte kein Maximalkrafttraining, sondern Kraftausdauertraining ausgeführt werden.
- Nach dem Training kann ein Cool down stattfinden.

2.4 Effektivität des Krafttrainings von Kindern

„Therefore, specific strength training can only be effective in postpubertal age“ (Vrijens, 1978, S.152). Zu dieser Zeit glaubten einige Autoren, dass ein größerer Kraft-

anstieg erst ab dem postpubertalen Alter (Vrijens 1978; Hetherington 1976), bzw. erst bei 14-Jährigen registriert werden kann (Kirsten, 1963). Das obige Zitat kann den aktuellen wissenschaftlichen Belegen nicht standhalten, daher würde Vrijens seine Aussage heute möglicherweise zurückziehen. Es wird vermutet, dass die ausbleibenden Kraftzuwächse früherer Studien (Kirsten, 1963; Docherty, Wenger & Collis, 1987) durch zu geringe Trainingsumfänge oder ungenügende Trainingsreize zu erklären sind (Tonkonogi, 2008). Andere Autoren (Lillegard, Brown, Wilson, Henderson & Lewis, 1997) kritisieren die Anzahl der Wiederholungen und Sets, das Fehlen einer Kontrollgruppe sowie die relativ geringe Interventionszeit.

Weltman und Kollegen (1987) berichteten von einer signifikanten Kraftentwicklung bei 6- bis 11-jährigen Kindern sowohl der Interventionsgruppe als auch der Kontrollgruppe. Der überraschende Kraftzuwachs der Kontrollgruppe wurde durch das natürliche Wachstum der Kinder in dieser Lebensphase erklärt (Weltman et al., 1987). Auch eine andere Studie zeigte einen signifikanten Kraftanstieg bei vorpubertären Kindern (7 – 12 J) nach einer 8-wöchigen Intervention (Faigenbaum, Westcott, Micheli, Outerbridge, Long, LaRosa-Loud & Zaichkowsky, 1996).

Vrijens (1978) berichtete, dass Kinder generell keine Muskelhypertrophie beim Krafttraining erlangen können, obwohl sie einen Kraftzuwachs durch Krafttraining erzeugen (McCambridge & Stricker, 2008; Malina et al., 2004), aber sehr wohl eine verbesserte neurologische Ansteuerung motorischer Neuronen (Rekrutierung), wodurch der gemessene Kraftanstieg zu erklären ist (Ramsay et al., 1990; Kraemer et al., 1989; Ozmun, Mikesky, Surburg, 1994; Guy & Micheli, 2001; Fleck & Kraemer, 2004; Tonkonogi, 2008; Schnabel, Harre & Krug, 2016; Komi, 1998; Gabriel, Kamen & Frost, 2006; Granacher, Goesele, Roggo, Wischer, Fischer, Zuerny, Gollhofer & Kriemler, 2011).

Faigenbaum und Kollegen berichteten bereits 2009 von zwei Metaanalysen (Falk & Tennenbaum, 1996, Payne, Morrow, Johnson & Dalton, 1997), die beim Krafttraining von Jugendlichen eine Effektgröße von 0,57 bis 0,75 ermittelten. Die Ergebnisse vieler Studien deuten darauf hin, dass Kinder und Jugendliche durch ein gut geplantes Fitness- und Krafttraining einen erheblichen Kraftzuwachs erhalten (Payne et al., 1997; Blimkie, 1992; Guy & Micheli, 2001; Kraemer et al., 1989; Blimkie & Sale, 1998; Niessen, Marzin & Hartmann, 2010) und das Athletiktraining (Kraft- und Ausdauertraining) keineswegs die kognitiven und akademischen Leistungen negativ beeinflussen (Granacher & Borde, 2017, Ludyga, Gerber, Brand, Pühse & Colledge, 2018). Die Ergebnisse sind im Einklang mit den Positionen der National Strength and Conditioning Association (Faigenbaum et al., 2009), der Canadian Society for Exercise Physiology (Behm et al., 2008), der United Kingdom Strength and Conditioning Association (Lloyd et al., 2014a) und der American Academy of Pediatrics (Small, McCambridge, Benjamin, Bernhardt, Brenner, Cappetta, Congeni, Gregory, Griesemer, Reed & Rice, 2008). Die genannten Institutionen bestätigten nicht nur den positiven Gesundheitseffekt, sondern insbesondere den signifikanten Kraftzuwachs nach einem Krafttraining (Payne et al., 1997; Faigenbaum et al., 2009; McCambridge & Stricker, 2008; Behm et al., 2008; Niessen et al., 2010). Eine dritte publizierte

Metaanalyse behandelte speziell die Auswirkungen eines Krafttrainings bei Mädchen (Moran, Sandercock, Ramirez-Campillo, Clark, Fernandes & Drury, 2018a). Es konnte eine minimal kleinere Effektgröße von 0,54 im Vergleich zu Falk und Tennenbaum (1996) oder Payne et al. (1997) registriert werden (Moran et al., 2018a). Insgesamt belegten Moran und Kollegen (2018a), dass Mädchen genau wie Jungen durch ein Krafttraining ihre muskuläre Kraft signifikant verbessern können. Allerdings schienen ältere (>15 J; ES = 0,72 vs. <15 ES = 0,38), größere (>163 cm; ES = 0,67 vs. <163 cm; ES = 0,55) und schwerere (>54 kg; ES = 0,67 vs. <54 kg; ES = 0,53) weibliche Probanden auf ein Training besser anzusprechen, was durch den altersbedingten Reifungsprozess und der damit verbundenen erhöhten Muskelmasse zu erklären ist (Moran et al., 2018a; Behringer, vom Heede, Yue & Mester, 2010). In einer weiteren Metaanalyse im Rahmen der KINGS-Studie zeigten sich nach einem Krafttraining – unabhängig von Alter, Geschlecht und Trainingsform – geringe bis mittlere Effekte für die Kraftkomponenten (Maximalkraft: ES = 1,09, Schnellkraft: ES = 0,80, Kraftausdauer: ES = 0,57, Sportartspezifische Leistung: ES = 0,75, Lesinski, Mühlbauer, Prieske, Büsch, Gollhofer, Puta, Behm & Granacher, 2016a).

Die Wirksamkeit eines Krafttrainings zur Steigerung der Muskelkraft von Kindern und Jugendlichen wurde auch in der Metaanalyse von Lesinski und Kollegen (2016b) bestätigt, wobei sie alters-, geschlechts- und trainingsformspezifisch zu sein scheint. Im Vergleich zwischen Jugendlichen und Kindern wirkte sich das Krafttraining bei den älteren besser aus (Lesinski, Prieske & Granacher, 2016b). Weibliche Athleten konnten insbesondere bei sportartspezifischen Leistungen einen signifikant höheren Krafttrainingseffekt erzielen als männliche (Lesinski et al., 2016b). Betrachtet man die sportartspezifische Leistung, so dominierte das Maximalkrafttraining mit Freihanteln im Vergleich zu Maschinentraining, der Kombination aus Freihanteln und Maschinentraining und dem plyometrischen Training (Lesinski et al., 2016a).

Meist wurden 8 bis 20 Wochen für den Interventionszeitraum genutzt (Servedio et al., 1985; Faigenbaum, Milliken, Loud, Burak, Doherty & Westcott, 2002; Hetzler, DeRenne, Buxton, Ho, Chai & Seichi 1997; Ramsay et al., 1990; Weltman et al., 1986; Szymanski, Szymanski, Bradford, Schade & Pascoe 2007; Lloyd et al. 2014a, Faigenbaum et al., 2009). Diese Zeitspanne scheint effektiver als kürzere Trainingszeiträume (Kraemer et al., 1989; Docherty et al., 1987). Es konnte belegt werden, dass ein zweimaliges Training pro Woche effektiver ist als ein einmaliges (Faigenbaum et al., 2002; Faigenbaum et al., 2009). Faigenbaum und Kollegen (2005a) zeigten außerdem, dass eine größere Wiederholungszahl (15 - 20) für Kinder gewinnbringender zu sein scheint als eine kleinere (6 - 12, Faigenbaum, Milliken, Moulton, Westcott & Wayne, 2005a). Größere Wiederholungszahlen mit moderatem Gewicht wurden auch bei einer anderen Studie gewinnbringend bei vorpubertären Kindern eingesetzt (Faigenbaum, Westcott, Loud & Long, 1999). Freie Gewichte (González-Badillo et al., 2005), Medizinbälle (Faigenbaum & Mediate 2006; Szymanski et al., 2007; Ignjatovic, Markovic & Radovanovic 2012), elastische Bänder (Annesi et al., 2005) und eigenes Körpergewicht (Baumgartner,

1984) können für das Krafttraining genutzt werden (Stratton et al., 2004; Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Howard, Ste Croix, Williams, Best, Alvar, Micheli, Thomas, Hatfield, Cronin & Myer, 2015a; Faigenbaum et al., 2009). Kraftzuwächse von bis zu 74 Prozent dokumentierten Forscher (Faigenbaum, Zaichkowsky, Westcott, Micheli & Fehlandt, 1993), wobei nach einem 8- bis 20-wöchigen Training meist 30 bis 40 Prozent registriert wurden (Falk & Tennenbaum, 1996; Lloyd et al., 2014a, Faigenbaum et al., 2009). Die Ergebnisse von Gonzáles-Badillo und Kollegen (2005) zeigten, dass jugendliche Athleten ihre Kraftleistungen signifikant steigern konnten, wenn sie mit maximal 85 Prozent oder weniger ihrer Maximalkraft trainierten. Man könnte daher annehmen, dass moderate Gewichte einen größeren Kraftanstieg bewirken als minimale oder maximale Gewichte (Gonzáles-Badillo et al., 2005). Eine neue Studie verglich in einer 9-wöchigen Krafttrainingsintervention zwei Ansätze mit unterschiedlichem Gewicht und variabler Wiederholungszahl (Assunção, Bottaro, Ferreira-Junior, Izquierdo, Cadore & Gentil, 2016). Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass sowohl hohes Gewicht mit niedriger Wiederholungszahl, als auch moderates Gewicht mit hoher Wiederholungszahl die Kraftfähigkeiten signifikant steigern (Assunção et al., 2016). Interessant war jedoch, dass sich die Probandengruppen hinsichtlich der Kraftausdauerwerte nicht signifikant unterschieden (Assunção et al., 2016). Da sich die Probandengruppe im postpubertären Alter befand, können die Ergebnisse nicht für vorpubertäre Kinder generalisiert werden. Für diese Kinder wurde gezeigt, dass das Krafttraining sich als reliable Methode erwies, die Muskelkraft zu entwickeln (Alves, Marta, Neiva, Izquierdo & Marques, 2018; Cunha, Sant'anna, Cadore, Oliveira, dos Santos, Pinto & Reischak-Oliveira, 2014).

2.5 Einfluss von Krafttraining auf die motorische Entwicklung und die sportliche Leistung bei Kindern

In den vorherigen Kapiteln wurde deutlich, dass sich die muskuläre Kraft durch ein Krafttraining verbessern lässt (vgl. Kapitel 2.4). Allerdings stehen die konditionellen Fähigkeiten nicht als alleinige Indikatoren für sportliche Maximalleistungen fest. Sportliche Leistung wird durch Faktoren wie konstitutionelle, physische und psychische Voraussetzungen bestimmt (Hottenrott & Seidel, 2017). Außerdem bedarf es immer ausgeprägter motorischer Fähigkeiten zur Durchführung einer sportartspezifischen Technik. Mehrere Autoren bestätigten, dass Verbesserungen der motorischen Leistung mit einem vorher durchgeführten Krafttraining einhergehen können (Ozmun et al., 1994; Ramsay et al., 1990; Behm et al., 2008; Faigenbaum et al., 2009).

Bei verschiedenen motorischen Fähigkeiten (Medizinballwurf, Weitsprung, vertikaler Sprung, Sprintgeschwindigkeit, dynamisches Gleichgewicht) konnte für Kinder und Erwachsene eine signifikante Leistungssteigerung nach einem Krafttraining mit Medizinbällen, Kraftmaschinen, dem eigenen Körpergewicht und freien Gewichten festgestellt werden (Faigenbaum et al., 2009; Faigenbaum &

Mediate, 2006; Falk & Mor, 1996; Szymanski et al., 2007; Flanagan, Laubach, DeMarco, Alvarez, Borchers, Dressman, Gorka, Lauer, McKelvy, Metzler, 2002; Weltman et al., 1986; Dowse, McGuigan & Harrison, 2018; Peñailillo, Espíldora, Jannas-Vela, Mujika, Zbinden-Foncea, 2016). Mehrere Metaanalysen kamen zu demselben Ergebnis, da nicht nur ein Kraftzuwachs von Kindern nach einem Krafttraining, sondern auch eine Verbesserung der motorischen Fähigkeiten registriert wurde (Falk & Tennenbaum, 1996; Payne et al., 1997; Behringer et al., 2010; Behringer, Vom Heede, Matthews & Mester, 2011). Die Metaanalyse von Behringer und Kollegen (2011) präsentierte zwischen dem Kraftzuwachs und den motorischen Fähigkeiten (Springen, Laufen und Werfen) eine mittlere Effektgröße von 0,52. Jüngere Probanden und Nichtathleten verbesserten ihre motorischen Fähigkeiten nach einem Krafttraining deutlicher als die Älteren bzw. trainierte Athleten (Behringer et al., 2011). Durch das spezielle Krafttraining (plyometrisch oder Kombination aus traditionellem und speziellem Krafttraining) erlangten die Probanden keinen Vorteil im Vergleich zum traditionellen Krafttraining (Behringer et al., 2011).

Eine aktuelle Metaanalyse konnte den muskulären Kraftzuwachs und die signifikant gesteigerte Sprungleistung (vertikaler Sprung), aber nur geringe Verbesserungen im linearen Sprint und der sportartspezifischen Leistung ermitteln (Lesinski et al., 2016b). Granacher und Kollegen (2016) schlussfolgern aus den oben genannten Metaanalysen, dass das Krafttraining einen kleinen bis mittleren Einfluss auf die Muskelkraft und die athletische Leistung hat, wobei die größte Verbesserung die Muskelkraft betrifft (Granacher et al., 2016).

Weitere Studien belegen die herausragende Bedeutung der Kraft auf die Sprint- und Sprungleistung (Comfort, Stewart, Bloom & Clarkson, 2014; Seitz, Reyes, Tran, Saez de Villarreal & Haff, 2014). Die absolute Kraft korreliert am stärksten mit der 5 m Sprintleistung, die relative Kraft mit der 20 m Sprintleistung (Comfort et al., 2013). Die verbesserte Sprungleistung nach einer Kraftintervention bestätigt die Ergebnisse von Lesinski et al. (2016b), wohingegen widersprüchliche Ergebnisse im Bezug auf die Sprintleistung auftreten (Comfort et al., 2013).

In einigen Studien wurde eine Leistungsverbesserung im Bereich der motorischen Fähigkeiten nach einem plyometrischen Training gemessen (Faigenbaum, McFarland, Keiper, Tevlin, Kang, Ratamess & Hoffman, 2007; Falk & Mor, 1996; Flanagan et al., 2002; Hetzler et al., 1997; Lillegard et al., 1997; Szymanski et al., 2007; Weltman et al., 1986; Granacher et al., 2016; Radnor, Lloyd & Oliver, 2017; Faigenbaum et al., 2009). Die Kombination eines Krafttrainings mit einem plyometrischen Training konnte die motorischen Fähigkeiten deutlicher verbessern als jedes dieser Programme allein (Faigenbaum et al., 2007; Granacher et al., 2016; Behm et al., 2008; Radnor et al., 2017). Ähnliche Resultate konnten bei der Sprung- und Laufleistung für Schulkinder zwischen 12 und 16 Jahren identifiziert werden (Lloyd, Radnor, De Ste Croix, Cronin & Oliver, 2016b; Christou, Smilios, Sotiropoulos, Volaklis, Piliandis & Tokmakidis, 2006). Die jüngeren Probanden erzielten die besten Ergebnisse nach einem reinen plyometrischen Training, die

älteren konnten die besten Werte nach einem kombinierten Kraft- und plyometrischen Training erreichen (Lloyd et al., 2016b).

Obwohl ein Kraftzuwachs nach einem Krafttraining zu verzeichnen war, ist eine Verbesserung der motorischen Fähigkeiten nach einer Kraftintervention nicht zwangsläufig zu erwarten (Faigenbaum et al., 2005a; Faigenbaum, Milliken, Moulton, Westcott & Wayne 2005b; Faigenbaum et al., 1993; Flanagan et al., 2002; Fröhlich, Klein, Pieter, Frenger & Emrich, 2011). Eine weitere Studie konnte keine signifikante Verbesserung bei der Kraulwende nach einem 20-wöchigen plyometrischen Training zwischen der Interventions- und der Kontrollgruppe erkennen (Cossor et al., 1999). Ein signifikanter Kraftzuwachs nach einem Krafttraining geht nicht immer mit einer verbesserten sportlichen Leistung einher (Skattebo, Hallén, Rønnestad & Losnegard, 2016). Der Zusammenhang zwischen den motorischen Fähigkeiten und einer Krafttrainingsintervention hängt von dem entsprechenden Design des Trainingsprogramms und der Spezifität der Bewegung ab (Faigenbaum et al., 2009). Ein Ausdauerathlet wird trotz eines standardisierten Trainings eine größere maximale Sauerstoffaufnahme als ein Gewichtheber besitzen, ein Gewichtheber dafür größere Maximalkraftwerte (Häkkinen, Mero & Kauhanen, 1989). Trainingsadaptionen hängen daher von der Sportart, also dem Bewegungsverlauf, der Bewegungsgeschwindigkeit, dem Kontraktionstyp und der Kontraktionskraft ab (Häkkinen et al., 1989; Faigenbaum et al., 2009). Nach Faigenbaum und Kollegen (2009) können Verbesserungen im Bereich der motorischen Fähigkeiten am ehesten durch spezielles sportartspezifisches Krafttraining erlangt werden. An dieser Stelle muss konstatiert werden, dass auch die motorischen Fähigkeiten und das Wissen des Lehrers/Trainers einen erheblichen Einfluss auf die motorische Entwicklung der Kinder haben (Podstawski & Boryslawski, 2014).

Die muskuläre Kraft wird im Standardwerk von Malina und Kollegen (2004) als essentielle Komponente vieler motorischer Leistungen eingestuft. Zwischen dem 5. und 8. Lebensjahr zeigen Kinder beim Sprinten, Springen, Werfen und im Bereich der Kraft deutliche Leistungssteigerungen (Malina et al., 2004). Diese Verbesserungen sind nötig, da ein Mindestmaß an Kraft für die besagten Bewegungen unabdingbar ist. Wer keine Sprungkraft besitzt, wird nicht hoch springen können. Gleiches gilt für das Schwimmen. Fehlt einem vorpubertären Kind die muskuläre Kraft im Schulter- und Rückenbereich, wird es kaum einen ordentlichen Kraularmzug erlernen können. Daher ist es unerlässlich, dass sich die Kinder ein umfangreiches Bewegungsrepertoire aneignen und von Beginn an auf eine saubere Bewegungstechnik zu achten ist, da ein Umlernen immer mit einem größeren Zeitaufwand (Hohmann et al., 2017; Schnabel, 1982) und unerwünschten Nebeneffekten (stagnierende oder verminderte Leistung) einhergeht (Panzer, 2017). Fehlende muskuläre Kraft führt einerseits zu möglichen Fehlbelastungen und kann andererseits zu einer Stagnation im Lernprozess führen (Tonkonogi, 2008).

Ein umfassender Forschungsbericht, bestehend aus einem Review und einer Metaanalyse, beschreibt die Ergebnisse von 43 Studien zum Krafttraining zur

Verbesserung der sportlichen Leistung (Harries, Lubans & Callister, 2012). Es wurde geschlussfolgert, dass Verbesserungen im Bereich der motorischen Fähigkeiten, z.B. Sprünge, vielfach als Indikator für verbesserte sportliche Leistungen angesehen werden (Harries et al., 2012).

Die Datenlage scheint aus wissenschaftlicher Sicht nicht eindeutig und dennoch deuten viele Indizien und Studien darauf hin, dass das Krafttraining auf einige Grundfertigkeiten (Springen, Werfen, Sprinten) einen sehr positiven Einfluss zu haben scheint, auf andere nur geringe Effekte. Insgesamt bestätigen Trainer und Wissenschaftler, dass ein gut geplantes Krafttraining mit einer Verbesserung der athletischen Leistung und der motorischen Fähigkeiten einhergeht (Faigenbaum & Westcott, 2009; Kraemer & Fleck, 1993; Blimkie & Bar-Or, 2005; McNarry, Barker, Lloyd, Buchheit, Williams & Oliver, 2014; Lloyd et al., 2014a, Lillegard et al., 1997; Faigenbaum, Bush, McLoone, Kreckel, Farrell, Ratamess & Kang, 2015) und somit auch die sportliche Leistung optimiert (Harries et al., 2012). Dennoch scheint in diesem Gebiet noch weitere Forschung sinnvoll, um diese These deutlicher zu verifizieren.

3 Grundlagen des Techniktrainings

3.1 Begriffserläuterungen: Techniktraining

Die sportliche Technik wird als „Lösungsverfahren für eine sportliche Aufgabe verstanden“ (Wiemeyer & Wollny, 2017, S. 263). Dieses Lösungsverfahren ist im Sport sicher an eine Bewegung geknüpft, welche die sportliche Aufgabe zu lösen versucht. Bestimmte Bewegungstechniken, wie z.B. der Kraularmzug beim Schwimmen dienen dazu, sich im Wasser möglichst schnell und ökonomisch fortzubewegen. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es eines geeigneten Techniktrainings, welches wie folgt definiert ist (Schnabel et al., 2014, S. 272):

„Hauptbestandteil des sportlichen Trainings, der die Gesamtheit aller Maßnahmen umfasst, die, zielgerichtet organisiert, den Sportler befähigen sollen, Bewegungshandlungen mit einer zweckmäßigen und koordinativ beherrschten Technik, entsprechend dem Handlungsziel, auszuführen“.

Die hier genannten zielgerichteten organisierten Maßnahmen in Form von Trainerhandlungen, Trainingsmethoden und aktiven Tätigkeiten des Sportlers dienen dazu sportmotorische Handlungen zu erlernen, zu optimieren, zu stabilisieren aber auch zu erhalten (Schnabel et al., 2014; Wiemeyer & Wollny, 2017).

Zusammen mit den konditionellen Fähigkeiten gelten die technischen Fertigkeiten als gleichsam bedeutend (Neumaier, de Marées & Seiler, 1997; Wiemeyer & Wollny, 2017; Carl, 1991). Der hohe Stellenwert des Techniktrainings im Trainingsprozess wird vielfach hervorgehoben (Martin et al., 1993; Carl, 1991), da die Technik uneingeschränkt als leistungslimitierender Faktor anerkannt wird (Schnabel, 1982; Daugs, 1999; Neumaier et al., 1997; Hohmann et al., 2017). Nach Aussagen von Athleten und Trainern sind Leistungssteigerungen durch

verbessertes Konditionstraining nur noch in geringem Umfang möglich, wohl aber im Bereich des Techniktrainings (Daug's, Mechling, Blischke & Olivier, 1991b).

Probleme bei der Ausführung einer Zieltechnik im Training oder Wettkampf können ihre Ursache in der Motivation oder der Emotionen des Athleten finden, aber auch an koordinativen oder konditionellen Aspekten (Neumaier et al., 1997).

Die einfache Gleichung „Good technique = high efficiency“ (Bompa, 1999, S.60) drückt deutlich aus, dass je näher ein Athlet an die optimale Technik kommt, desto weniger Energie benötigt er für eine gegebene sportliche Aufgabe.

Aus einer Trainerbefragung über die Auffassung von Technik und Techniktraining ergaben sich folgende Ergebnisse (Neumaier et al., 1997): Es muss an der Technik immer wieder gefeilt werden, was unter anderem an den sich ständig verändernden Umständen hängt (Neumaier et al., 1997; Schnabel, 1982). Das können Innovationen (neue Boote oder Paddel beim Rudern oder Kanurennsport oder der Klappschlittschuh beim Eisschnelllauf) sein (Panzer, 2017) oder die sportliche Technik betreffende Verbesserungen (V-Stellung beim Skispringen, Undulationsstil beim Brustschwimmen, O'Brien-Technik beim Kugelstoßen) oder neue Wettkampfbestimmungen (Verbot der Hightech-Anzüge im Schwimmen).

Neben den Wettkampfbestimmungen geben Wissenschaftler aus der Bewegungslehre möglicherweise eine Zieltechnik vor (Neumaier et al., 1997; Letzelter, 1997). Selten kann die Technik eines Olympiasiegers generalisiert werden, da anthropometrische und physiologische Aspekte oft nicht übertragbar sind (Makarenko, 1978).

Das Techniktraining zielt im Allgemeinen darauf ab, sportmotorische Fertigkeiten zu erwerben. So soll der Könnensstand des Athleten (Istwert) der gewünschten Zieltechnik (Sollwert) angeglichen werden. Techniktraining beabsichtigt, die Soll-Istwert-Diskrepanz zu reduzieren (Daug's, 2000). Im weiteren Verlauf konzentriert sich das Techniktraining darauf, Bewegungsabläufe zu automatisieren und über einen längeren Zeitraum abrufen zu können, sowie die Störanfälligkeit zu reduzieren (Daug's, Blischke, Marschall, Müller & Olivier, 1996). Eine Technik wird als gut und erfolgreich eingestuft, wenn damit das biomechanische Höchstlevel, ein hoher Grad an Virtuosität und Stabilität, eine variable Verfügbarkeit und wenn die vom Athleten gewünschte Ergebnisse mit dieser Technik erzielt werden (Martin, 1991; 1992; Letzelter, 1997). Die Stabilität der Bewegungstechnik bedeutet, dass Bewegung konstant auch bei wechselnden Bedingungen realisiert werden können (Martin et al., 1993).

Die Ziele des Techniktrainings werden von Martin und Kollegen (1993, S.48) wie folgt zusammengefasst:

- Das Erlernen derjenigen sportmotorischen Fertigkeiten, die die Grundlage der sportartspezifischen Techniken bilden
- Der Erwerb desjenigen Beherrschungsgrades der sportlichen Technik, der mit dem biomechanischen Optimum charakterisiert werden kann
- Die Stabilität der Bewegungstechnik
- Die virtuose Beherrschung der Technik
- Die Fähigkeit zur situationsgemäßen variablen Anwendung der Technik

3.2 Bedeutung der Schwimmtechnik für die Schwimmleistung

Die Schwimmleistung wird mehrfach als multifaktorielles Phänomen beschrieben (Fernandes, de Jesus, Carvalho, Machado, Vilas-Boas & de Jesus, 2018; Morais, Marques, Marinho, Silva & Barbosa, 2014; Morais, Silva, Marinho, Seifert & Barbosa, 2015), welches unter anderem von der Anthropometrie und der Effizienz der Schwimmbewegung (kinematische Parameter) abhängt (Morais, Silva, Marinho, Lopes & Barbosa, 2017).

Trainer, Athleten und Wissenschaftler stimmen überein, dass der Schwimmtechnik eine herausragende Bedeutung zukommt, wenn man darauf abzielt, die bestmögliche Schwimmleistung mittels niedriger Energiekosten zu erzielen (Miyashita, 1975; Silva, Seifert, Sousa, Willig, Alves, Vilas-Boas, Fernandes & Figueiredo, 2014; Freitag, 1986; Dybinski & Haljand, 2007; Seifert, Toussaint, Alberty, Schnitzler & Chollet, 2010; Costill et al., 1985; Chatard, Collomp, Maglischo & Maglischo, 1990; Alves, Santos, Veloso, Pinto Correia & Gomes-Pereira, 1994; Marinho & Ovia, 2003; Schneider, 2012; Lucero, 2011; Frank, 2002; Nomura, Wakayoshi, Miyashita & Mutoh, 1996; Gains, 2001; Adams, 2001; Kornecki & Bober, 1978; Coulson, 2009; Figueiredo, Silva, Vilas-Boas & Fernandes, 2016; Engau, 1993; Makarenko, 1978; Abt et al., 2002; Maglischo, 2003; Altmann & Sperling, 2013). Dies gilt bei allen vier Schwimmlagen und allen Schwimmdistanzen (Maglischo, 2003). Athleten erreichen Spitzenleistungen nur dann, wenn sich ihre Schwimmbewegung durch eine möglichst große Effektivität und Zweckmäßigkeit auszeichnet (Makarenko, 1978).

Die Schwimmtechnik gilt als bester Prädiktor für die Schwimmleistung, was bereits für vor- ($11,9 \pm 0,3$ J) und pubertäre Kinder ($14,3 \pm 1,4$ J) untersucht wurde (Jürimäe, Haljaste, Cicchella, Lätt, Purge, Leppik & Jürimäe, 2007; Lätt, Jürimäe, Haljaste, Cicchella, Pure & Jürimäe, 2009). Daher lag auch im Rahmen dieser Arbeit die Entwicklung der Schwimmtechnik besonders im Fokus.

Die Abbildung 1 von Wilke und Madsen (1997, S. 47) wurde mehrfach zur Erklärung der Wettkampfleistung im Schwimmen zitiert. Je größer die Box, desto größer der Einfluss auf die Wettkampfleistung, d.h. der Schwimmtechnik und der schwimmerischen Grundlagenausdauer kommen für die Schwimmleistung die größte Bedeutung zu. Wie groß dieser Einfluss jedoch ist, bleibt unbeantwortet, weshalb aus wissenschaftlicher Sicht Schwächen dieses Modells erkennbar sind.

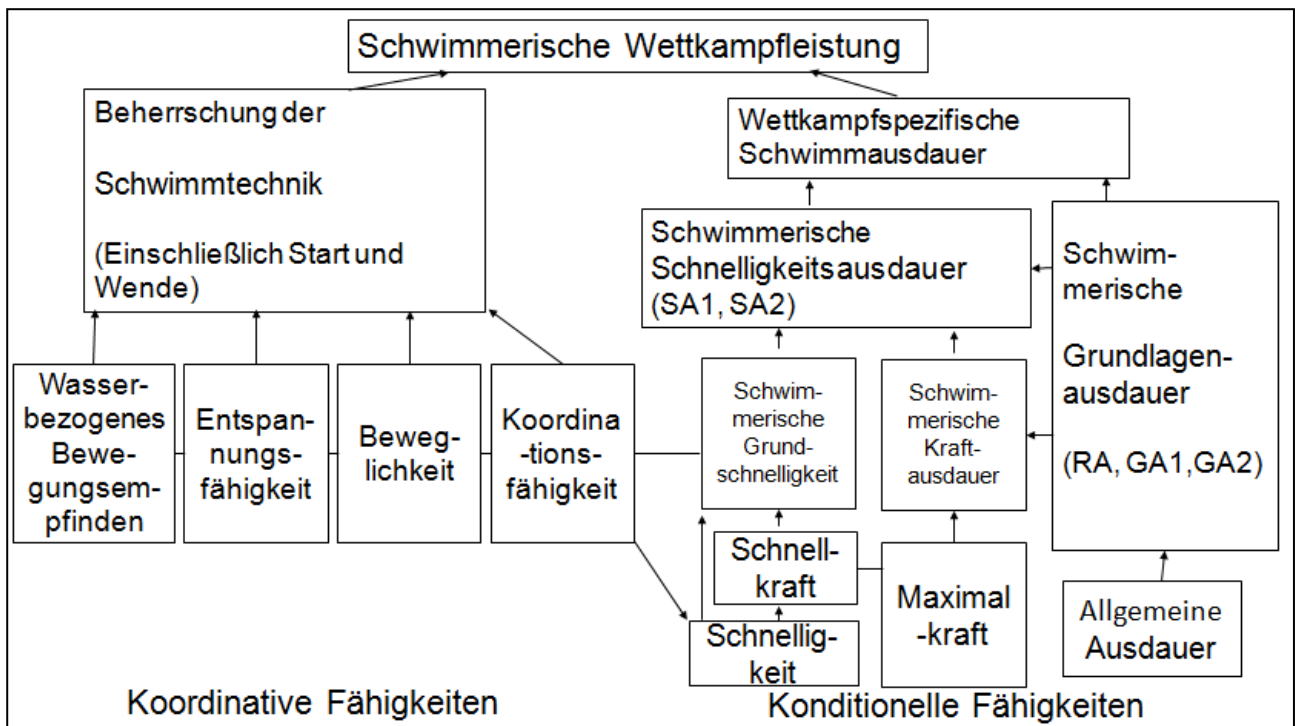


Abb. 1. Die wichtigsten motorischen Fähigkeiten und ihre Bedeutung für das Sportschwimmen (nach Wilke & Madsen, 1997, S. 47)

Maglischo (2003, S. 372) kam zu einem ähnlich Schluss, da er Faktoren nach Priorität definiert, welche die Leistung im Schwimmen beeinflussen (siehe Tab. 1). Dabei ist die Schwimmtechnik bewusst bei allen Distanzen an erster Stelle (Maglischo, 2003).

Tab. 1. Faktoren, die die Schwimmleistung limitieren (nach Maglischo, 2003, S. 372)

Factors That Limit Performance in Sprint, Middle Distance and Distance Swimming Events		
25 and 50 m races	100 and 200 m races	Middle Distance races
1. Stroke technique 2. Rate of anaerobic metabolism 3. Amount of CP stored in working muscle fibers	1. Stroke technique 2. Ability to delay acidosis 3. Rate of anaerobic metabolism 4. Possibly the amount of CP stored in working muscle fibers	1. Stroke technique 2. Ability to delay acidosis 3. Rate of anaerobic metabolism

Diese primär theoretisch-fachlogischen Strukturanalysen wurden in den vergangenen Jahren durch empirische Modelle ergänzt, die über die aktuelle Bedeutung der Schwimmtechnik hinaus auch deren prognostische Relevanz für die spätere Schwimmleistung in den Blick genommen haben (Abb. 2). Dabei hat sich der zentrale und empirisch-statistisch leistungsrelevante Charakter der Schwimmtechnik innerhalb der Leistungsstruktur des Kraulsprints bestätigt (Hohmann, Neumann & Fankel, 2018).

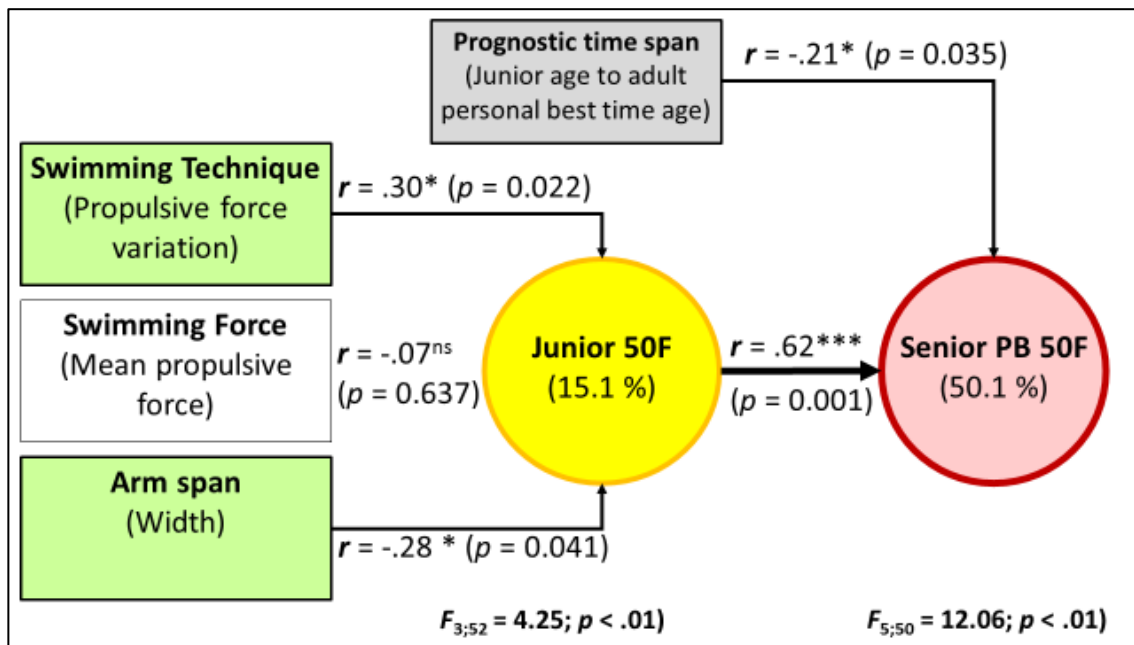


Abb. 2. Prognostisches Pfadmodell auf Basis einer Regressionsanalyse der Beziehungen zwischen jugendlichen Leistungsprädiktoren und der zukünftigen Bestzeit der Mitglieder der deutschen Junioren-Schwimmnationalmannschaft 2007 ($n = 56$; 33 männlich und 23 weiblich) im 50 m Kraulsprint im Erwachsenenalter (nach Hohmann et al., 2018, S. 383)

Viele ambitionierte Athleten besitzen selbst die Fähigkeit, ihre eigene Technik zu optimieren, ohne einen Olympiasieger zu imitieren. Es wird daher immer wieder bestätigt, dass es „die perfekte Technik nicht gibt“ (Neumaier et al., 1997, S. 18) und dass die Imitation eines Modellathleten kaum Erfolg verspricht (Bompa, 1999; Makarenko, 1978). Vor einigen Jahren zeigte der Schwimmer Ryan Lochte (USA) während eines 200 m Kraulevents ein überraschendes und bis dato noch erlaubtes Verhalten nach der Kraulrollwende, die *Lochte-Wende* (Jacob, 2017). Statt wie jeder andere Schwimmer in Bauchlage, führte er die Delphinkicks nach der Wende in Rückenlage aus und drehte sich nach 12 bis 15 m wieder in Bauchlage (Jacob, 2015; 2017). Athleten weltweit versuchten dieses Verhalten zu imitieren - mit dürftigem Erfolg. Die Technikveränderung von Lochte war nur deshalb erfolgreich, weil sein pulmonales System und seine Delphinbewegung miteinander harmonierten.

Warum kommt gerade beim Wettkampfschwimmen der sportlichen Technik so eine große Bedeutung zu? Um diese Frage zu klären, bedarf es einer Betrachtung des Athleten und seiner Umgebung. Der Schwimmer bewegt sich im fluiden Medium vorwärts, indem er versucht, gegen dieses zu drücken oder sich davon abzudrücken. Die Wasserteilchen weichen jedoch aus, was die Vorwärtsbewegung erschwert (Wick, 2013). Der Abdruck von einem festen Medium, z.B. dem Boden beim Laufen, wäre sicher effektiver. Außerdem bietet das Wasser dem Athleten äußerst großen Widerstand beim Schwimmen, da es eine mehr als 1000-fach größere Dichte als Luft aufweist (Costill, Maglischo & Richardson, 1995; Wick, 2013; Mathelitsch & Thaller, 2015; Reischle, 1988; Frank, 2002; Maglischo, 2003).

Im Vergleich zu Landsportarten scheint das Schwimmen daher wenig effizient. Das schwimmsportliche Training befasst sich insbesondere mit Themen, wie man Vortrieb erzeugen und gleichzeitig Widerstände im Wasser reduzieren kann, um die Effizienz der Bewegung zu verbessern (Costill et al., 1995; Counsilman, 1977; Vorontsov & Rumyantsev, 2000; Kojima, Brammer, Sossong, Abe & Stager, 2014; Maglischo, 2003; Makarenko, 1978; Havriluk, 2018a). Kraft, die der Schwimmer auf das Wasser übertragen kann, ist für den Vortrieb verantwortlich und beeinflusst maßgeblich den Erfolg beim Schwimmen (Girolid et al., 2007; Barbosa et al., 2010). Bereits in den 60er und 70er Jahren konnten Leistungssteigerungen durch Reduzierung der Widerstände im Wasser erzeugt werden, da man zum Beispiel einen engeren Brustbeinschlag nutzte (Counsilman, 1977). Die über Jahre anhaltende Arbeit an der schwimmerischen Technik führte daher zu stetigen Verbesserungen der Schwimmzeiten und Weltrekorde. Trotz des Hightechanzugverbots vom Oktober 2010 der FINA (Fédération International de Natation) und der damit verbundenen Weltrekordflut – 130 Weltrekorde in zwei Jahren – (Fernandes et al., 2018; Kuchler, Graumnitz & Buck, 2013) wurden nach dem Verbot der Anzüge in 25 von 34 Schwimmdisziplinen (ohne Staffeln) auf der 50 Meterbahn Weltrekordzeiten erzielt (fina.org, 2019). Die nach 2010 erzielten Rekorde können durch eine Erweiterung der konditionellen und technischen Potenzen erklärt werden.

Bei elektromyografischen Untersuchungen zeigte sich, dass die schnellsten Schwimmer im Vergleich zu langsameren, niedrigere Muskelaktivitäten aufwiesen (Rouard & Billat, 1990; Clarys & Rouard, 2011; Clarys, 1988) und damit eine bessere stromlinienförmige Wasserlage erreichten (Counsilman, 1977). Es wurde daraus geschlossen, dass diese Schwimmer u.a. durch ihre sportliche Technik und den damit verbundenen reduzierten Widerständen den Leistungsschwächeren überlegen sind (Rouard & Billat, 1990). Diese Ergebnisse stimmen mit anderen Untersuchungen überein, da der Erfolg beim Hochleistungsschwimmen (Wiemeyer & Wollney, 2017; Gains, 2001; Adams, 2001) als auch beim Masterschwimmen (Espada, Costa, Costa, Silva, Barbosa & Pereira, 2016) hauptsächlich durch die Schwimmtechnik als durch Kraft, allgemeine oder spezielle Ausdauer bestimmt wird (Alves et al., 1994).

Obwohl insbesondere die Sprintdistanzen im Schwimmen durch ein hohes Maß an Kraft verbessert werden können, schreiben Costill, King, Holdren und Hargreaves (1983, S.20) wörtlich:

„...that success in sprint swimming among nationally ranked men and women is determined primarily by biomechanical rather than strength factors“.

Dies gilt insbesondere für das Schwimmen bei sehr hohen Geschwindigkeiten (Narita, Ogita, Nakashima, Gonjo & Takagi, 2018). Die Schwimmtechnik wird daher von Wissenschaftlern und Trainern „als wesentliche Leistungskomponente“ (Rudolph, 2008, S. 357) bezeichnet (Gains, 2001; Adams, 2001; Makarenko, 1978; Narita et al., 2018).

Der respektable Erfolg bei Olympia und Weltmeisterschaften eines Michael Phelps ist u.a. auf sein Techniktraining zurückzuführen (Bowman, 2001). Sein Erfolgstrainer Bowman schrieb wörtlich (2001, S.13):

„Improvements in stroke technique is an on-going, long-term operation. Years' (seasons') worth of small adjustments add up to large gains in performance capacity. Michael has made steady progress in bringing his strokes to a world-class level by targeting specific elements of each stroke to work on each season (e.g. breaststroke kick). By gradually refining and strengthening particular parts of each stroke, he has been able to sustain a rapid rate of improvement over the past four years“.

Das Techniktraining – als langanhaltendes Projekt – wurde von Bowman so beschrieben, dass die Arbeit an spezifischen Details, große Auswirkungen auf die Technik und eben auch auf die Schwimmleistung haben kann (Gains, 2001; Bowman, 2001; Morais et al., 2014). Die Tatsache, dass insbesondere im Wettkampfschwimmen kleine technische Veränderungen große Auswirkungen haben können, zeigten Experimente an den Fingern des Schwimmers (Van Houwelingen, Willemsen, Kunnen, van Heijst, Grift, Breugem, Delfos, Westerweel, Clercx, van de Water, 2018). Werden die Finger leicht gespreizt, so hat es einen positiven Effekt für den Schwimmer, was durch numerische, praktische und theoretische Experimente belegt wurde (Van Houwelingen et al., 2018). Auch bei der Ausnahmeathletin Katie Ledecky konnten technische Mängel entlarvt werden, so dass sie trotz ihrer Dominanz auf den Kraulstrecken über 200, 400 und 800 m sogar noch schneller schwimmen könnte (Havriluk, 2018b).

Andererseits können Athleten, die schnell sporttechnische Fehler korrigieren, auch sportliche Techniken schnell erwerben (Rutkowska-Kucharska & Niebudek, 1991). Im Anfängerbereich geht es zunächst einmal darum, Schwimmen zu lernen, dazu bedarf es einer Schwimmtechnik. Daher sollte das Techniktraining einen sehr großen Anteil im Grundlagen- und Aufbautraining einnehmen (Nasirzade, Sadeghi, Sobhkhiz, Mohammaadian, Nikouei, Baghaiyan & Fattahi, 2015; Sweetenham, 2012; Morais et al., 2014; Silva, Figueiredo, Seifert, Soares, Vilas-Boas & Fernandes, 2013). Die Sportart Schwimmen sollte meist schon in sehr jungem Alter zwischen 4 und 6 Jahren begonnen werden (Reischle & Kandolf, 2015; Rudolph, 2008; Ungerechts, 2008; Dietze, 2003; Blanksby, Parker, Bradley & Ong, 1995).

Da Athleten im Hochleistungssport später hohe Trainingsumfänge ($10-20 \text{ km} \cdot \text{d}^{-1}$) bei zwei bis drei Trainingseinheiten pro Tag tolerieren müssen (Chatard & Steward, 2011; Costill, 1985; Maglischo, 2003; Rudolph, 2008; Sanders & McCabe, 2015), werden Kinder langsam an diese Belastung herangeführt.

Die Trainingsumfänge im Bereich Kraft und Ausdauer sind begrenzt. Daher erhofft man sich durch eine Effizienzerhöhung der sportlichen Technik größere Leistungszuwächse als dies durch konditionelle Faktoren der Fall wäre (Rudolph, 2008; Wilke, 2000; Craig, 1984).

Miyashita berichtete in seiner Studie bereits 1975, dass bei Schwimmlernenden – egal ob Kind oder Erwachsener – die Schwimmgeschwindigkeit zuerst über das Lernen der Technik zu steigern sei. Bei einer umfassenden Untersuchung der motorischen und konditionellen Fähigkeiten im Schwimmen von Kindern wurde festge-

stellt, dass technischen Komponenten eine größere Bedeutung zukommt als konditionellen (Freitag, 1986). Schwimmen gilt als technische Sportart, bei der ständig technische Verbesserungen notwendig sind, um die Schwimmleistung zu verbessern (Rouard & Billat, 1990; Freitag, 1986).

Mehrfach wurde bestätigt, dass der sportlichen Technik nicht nur im Grundlagen- training eine herausragende Bedeutung zukommt, sondern auch bis zum Ende der aktiven Laufbahn (Freitag, 1986; Wiemeyer & Wollny, 2017; Reischle & Spikermann, 1992; Schneider, 2012). Aufgrund der technisch-motorischen Beanspruchung beim Schwimmen sollte das Techniktraining sowohl eine große Häufigkeit als auch eine hohe Qualität während der gesamten Schwimmkarriere aufweisen (Reischle & Spikermann, 1992; Rudolph, 2008; Toussaint, 1992; Makarenko, 1978). Dieser Aspekt wurde vom ehemaligen Hochklasse Schwimmer Michael Phelps stets berücksichtigt, da er in jeder seiner Trainingseinheiten mindestens 400 yards (= 366 m) schwimmtechnische Übungen zurücklegte (Phelps, 2003).

Verfügen Erwachsene über wenig Schwimmerfahrung aus dem Kindesalter, so erschwert dieser Umstand die Entwicklung der Schwimmtechniken (Miyashita, 1975). Andererseits zeigten Kinder erstaunliche Leistungssteigerungen, wenn sie frühzeitig im Bereich der Technik geschult wurden (Miyashita, 1975; Pankhurst, 2015). Grundsätzlich konnte eine Verbesserung der Schwimmtechnik bereits bei jungen Schwimmanfängern trotz geringer Schwimmdistanzen innerhalb eines 45-minütigen Trainings erzielt werden (Dopsaj, Milosevic & Blagojevic, 2003a).

Im Zusammenhang mit dem Techniktraining im Schwimmen muss der Begriff Wassergefühl Erwähnung finden. Die Entwicklung des Wassergefühls wurde im Schwimmsport immer wieder angesprochen und gilt als Indiz für eine hochentwickelte Schwimmtechnik (Schneider, 2012; Colwin, 1992; Wilke, 2000; Counsilman, 1977; Volck, Freitag, Hohmann & Ungerechts, 2012). Rudolph (2008, S. 395) beschreibt das Wassergefühl als

„...komplexe koordinative Fähigkeit, [die] als Folge von Veranlagung und Erfahrung im Umgang mit dem Wasser [auftritt]“.

Genauer meint es die Druckempfindungen an den Hand- und Fußflächen entlang des Körpers im Wasser, welche bei einer vortriebswirksamen Arm- und Beinbewegung spürbar sind (Strass & Wilke, 2006; Berger & Strass, 1997; Wilke & Madsen, 1997).

Das Wassergefühl erfährt ein Athlet durch Selbstwahrnehmung seiner taktilen, vestibulären, visuellen und vor allem durch seine kinästhetischen Sinne (Rudolph, 2008; Strass & Wilke, 2006; Berger & Strass, 1997). Vielen aktuellen und ehemaligen Topschwimmern sagt man ein perfektes Wassergefühl nach, was einerseits einen niedrigen Wasserwiderstand beinhaltet (Wilke & Madsen, 1997) und andererseits das „Anfassen“ und „Wegdrücken“ des Wassers meint (Rudolph, 2008, S. 395, nach Aussage von F. v. Almsick). Wilke und Madsen (1997) betonen jedoch, dass auch Weltklasseathleten das Niveau des Wassergefühls nach Inaktivität, intensiver Belastung oder Blocktrainings nicht halten können, weshalb auch bei dieser Personengruppe ein Schwimmtechniktraining notwendig ist. Bei

Athleten ist das Wassergefühl unterschiedlich stark ausgeprägt, da es durch innere Faktoren (Stimmung, Ermüdung, nervaler Zustand) und äußere Faktoren (Temperatur, Widerstände, Krafttraining) beeinflusst wird (Strass & Wilke, 2006). Häufiges Üben zum Gleiten und Antreiben begünstigen das Wassergefühl (Schneider, 2012; Strass & Wilke, 2006; Wilke & Madsen, 1997). In späteren Jahren lässt sich das Wassergefühl nur schwer erlernen (Schneider, 2012), weshalb beispielsweise schwere Masterathleten insbesondere mit einer ökonomischen Schwimmtechnik zu kämpfen haben (Rudolph, 2008).

3.3 Technikerwerb durch Videofeedback

Um eine Technik zu erlernen, bedarf es einer geeigneten Form der Informationsdarbietung. Fast alle Lehrer und Trainer nutzen ihre Sprache als akustisches Medium zur Vermittlung einer sportmotorischen Fertigkeit. Zur Informationsdarbietung gehören die Trainerinstruktion, die Bewegungsausführung der Trainierenden und das Trainer-Feedback (Olivier, Marschall & Büsch, 2016; Hohmann et al., 2017; Shimojo, Sengoku, Sugimoto, Miyaji & Nomura, 2008; Gröben, 2000). Letzteres gilt für einen Athleten als entscheidender Faktor bei der Erlangung sportlicher Höchstleistungen (Razali, Surwaganda & Zawaki, 2012). Im Normalfall instruiert der Trainer seine Sportler in Form einer Demonstration, die er entweder selbst zeigt oder durch fortgeschrittene Athleten zeigen lässt. Anschließend führen die Lernenden die Bewegung ein- oder mehrmals aus. Der Übende erhält eine Rückmeldung (Feedback) über das Ergebnis seiner Leistung sowie effektive Korrekturhinweise von einem Experten (Wiemeyer & Wollny, 2017; Hohmann et al., 2017; Hotz, 1988; Giannousi et al., 2017). Ergänzend zu akustischen Erklärungen und den Demonstrationen anderer Sportler (Neumaier et al., 1997) kommen visuell-akustische Medien (auch Bildschirm-Training, Olivier et al., 2016; Nowoisky, Beyer, Zepperitz & Büsch, 2012; Makarenko, 1978) in Form von computergestützter und automatisierter Videografie zum Einsatz, um technische Fertigkeiten zu erlangen (Neumaier et al., 1997; Hottenrott & Seidel, 2017; Schnabel, 1982; Daus, 1999; Fehres, 1992; Marschall, Reiser & Daus, 1993; Olivier, Blischke, Daus & Müller, 1994; Lindinger & Müller, 1996; Hohmann et al., 2017; Colwin, 2000; Cossor, 2015; Shimojo et al., 2008; Mooney, Corley, Godfrey, Osborough, Newell, Quinlan & O’Laighin, 2016), um Verletzungen (Landung beim Sprung) vorzubeugen (Munro & Herringthon, 2014; Benjaminse, Postma, Janssen & Otten, 2017) oder um Wettkämpfe zu analysieren (O’Donoghue, 2006).

Einen Überblick über die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Videotraining lassen sich mehrfach in der Literatur finden (Nowoisky et al., 2012, S. 19 in Anlehnung an Daus, Blischke, Marschall & Müller, 1991a, S. 51 und Hildebrandt & Spahr, 2003, S. 390) und veranschaulichen (siehe Abb. 3).

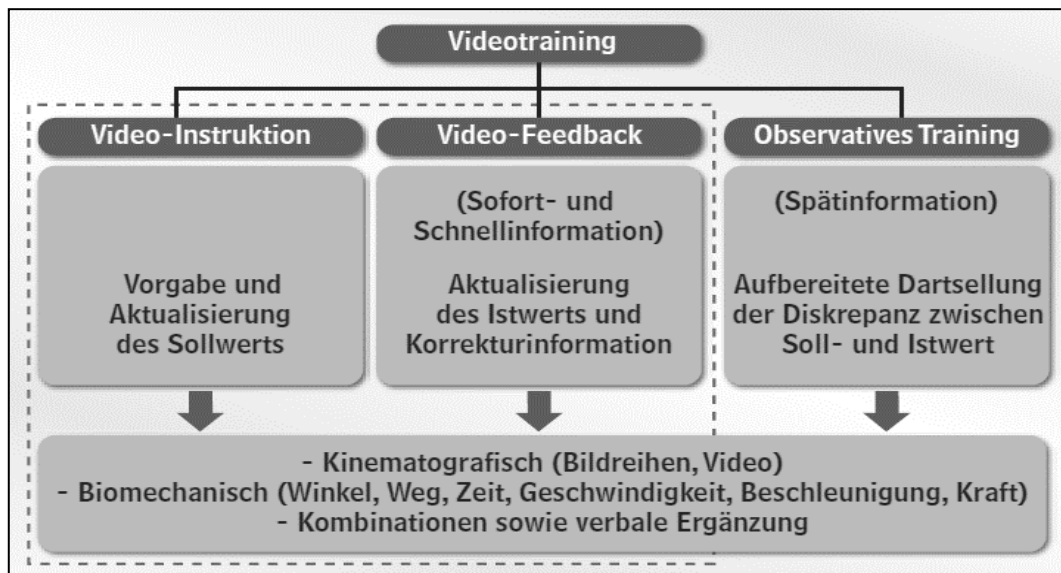


Abb. 3. Anwendungssituationen von Videotraining (nach Nowoisky et al. 2012, S.19 in Anlehnung an Daug's et al. 1991a, S.51 und Hildebrandt & Spahr, 2003, S.390)

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist, wird durch die Videoinstruktion der Sollwert vorgegeben. Informationen werden reduziert und durch Aufmerksamkeitslenkung geraten bestimmte Details einer Bewegung in den Vordergrund (Schmidt & Lee, 2005; Daug's et al., 1991a). Das Videofeedback wird als technisch gestützte Rückmeldung verstanden und erlaubt Schlüsse auf den Soll-Ist-Wert-Vergleich (Olivier et al., 1994). Das Feedback und die Instruktion stehen in enger Verbindung zueinander, was durch einen gestrichelten Rahmen in Abbildung 3 veranschaulicht werden soll. Das Observative Training bezeichnet die wiederholte und gezielte Beobachtung einer Bewegung eines Athleten (Joch & Ückert, 1998). Hierbei kann bereits vorhandenes Videomaterial aus dem Videofeedbacktraining aufbereitet werden (Lindinger & Müller, 1996; Havriluk, 2006; Abb. 3). Allen drei Bausteinen ist gemeinsam, dass sie kinematografische Bildreihen oder Videos verarbeiten, um biomechanische Fortschritte in der sportlichen Technik zu erzielen.

Weitere Einsatzformen bieten die augmented reality und die virtual reality (Wick, 2013; Tanaka, 2009; Hildebrandt & Spahr, 2003; Levac, Huber & Sternad, 2019).

Die Videoaufzeichnung erlaubt eine Bewertung der Bewegungstechnik aus qualitativer und biomechanischer Sicht, die prinzipiell von der Qualität der Technik und der Expertise des Analytikers abhängt (Wiemeyer & Wollny, 2017; Smith, Norris & Hogg, 2002). Forscher erheben anhand des Videomaterials außerdem noch biomechanische Daten, welche als Sofort- oder Schnellinformation eingesetzt werden. Man spricht dann von biomechanischem Feedbacktraining oder Messplatztraining (Daug's, Blichke, Olivier & Marschall, 1989; Krug, Heilfort, & Zinner, 1996; Nowoisky et al., 2012; Daug's, 2000; Stroß & Wiemeyer, 2017; Wagner & Krug, 1998; Naundorf, Brehmer, Lehmann & Seidel, 2017). Das Messplatztraining zielt darauf ab, Fehler in der Bewegung zu reduzieren und soll gleichzeitig die sportmotorischen Fertigkeiten verbessern (Krug, Herrmann, Naundorf, Panzer & Wagner, 2004). Es wird laut Krug und Kollegen (2004) als

Koordinations-, Technik-, Kraft-, Ausdauer-, Schnelligkeits- und als komplexes Training verstanden. Mithilfe von Videofeedbacktraining konnten bereits in vielen Sportarten die sportliche Leistung und/oder die sportliche Technik verbessert werden:

- Ski alpin (Müller, 1998)
- Baseball (Zhang, 2015)
- Karate (Tanaka, 2009)
- Kanuslalom (Stroß & Wiemeyer, 2011)
- Leichtathletik (Blischke, Schuhmacher & Daus, 1993a)
- Hockey (Fröhner, Nobis & Masphul, 2004)
- Tennis (Razali et al., 2012; Emmen, Wesseling, Bootsma, Whiting & Wieringen, 1985)
- Eiskunstlauf (Knoll & Wagner, 1997)
- Schwimmen (Bieder, 2002; Wirtz, Wilke, Klauck & Langnickel, 1996; Shimojo et al., 2008; Bunker et al., 1976; Atkison, 2018; Jerszynski, Antosiak-Cyrak, Habiera, Wochna & Rostkowska, 2013; Sanders, 1996)
- Fußball (Winkler & Schmitz, 2011)
- Volleyball (Fröhner, 1995a; Kuhlmann, Roemer, Zimmermann, Milani & Fröhner, 2008; Opitz & Fischer, 2011)
- Handball (Fröhner, 1995b)

Eine Umfrage bei amerikanischen Toptrainern (N = 298) ergab, dass video-basierte Analysen sehr häufig (monatlich bis sogar wöchentlich) eingesetzt werden, wobei die Trainer die qualitativen Ansätze gegenüber den quantitativen Ansätzen bevorzugen (Mooney et al., 2016).

Das Videofeedback geht mit einem motivierenden Effekt einher, was sich in der Studie von Shimojo und Kollegen (2008) aus einer Fragebogenerhebung zwischen der Interventionsgruppe und der Kontrollgruppe zeigte. Insbesondere das positive Feedback nach der Durchführung einer motorischen Aufgabe erleichtert das Lernen (Chiviacowsky & Wulf, 2007). Der motivierende Effekt des Videofeedbacktrainings darf daher nicht unterschätzt werden (Hotz, 1988; Fehres, 1992; Weir & Connor, 2009; O'Donoghue, 2006).

3.3.1 Aufbau des Videofeedbacks

3.3.1.1 Instruktion

Es existieren mehrere Indizien dafür, dass ein Feedbacktraining ohne jegliche Anleitung oder verbale Instruktion vom Lehrer oder Trainer keinen nennenswerten Lernerfolg mit sich bringt (Ste-Marie, Law, Rymal, O, Hall & McCullagh, 2012; Fehres, 1992; Daus, 2000; Blischke, Müller, Reiser, Dieringer, Schlicher & Daus, 1993b; Penman, Bartz & Davis, 1968; Penman, 1969; Daus et al., 1991a; Schmidt & Lee, 2005; Heymen, Leue, Lindauer & Schulte, 1987; Gasson, 1969; Maleki, Shafie Nia, Zarghami & Neisi, 2010).

Beispielsweise konnte beim Erlernen des Tennisaufschlags bei erwachsenen Anfängern das reine Videofeedback keinen Vorteil gegenüber der Kontrollgruppe ver-

schaffen (Emmen et al., 1985). Umgekehrt existieren Studien, die einen deutlichen Nutzen des Videofeedbacktrainings inklusive verbaler Instruktion in unterschiedlichen Sportarten, wie Turnen, Schwimmen, Golf oder beim Neuerwerb einer koordinativen Bewegung, nachweisen (Cratty & Rieder, 1979; Fröhner et al., 2004; Keller, 1975; Sengoku, Shimojo, Sugimoto, Miyaji & Nomura, 2008; Guadagnoli, Holcomb & Davis, 2010; Hodges, Chua & Franks, 2003; Thow et al., 2012; Gil-Arias, Garcia-Gonzalez, Del Villar Alvarez & Iglesias Gallego, 2019; Aranha & Goncalves, 2012).

Grundsätzlich wird berichtet, dass sowohl die Präsentation eines Topathleten als Instruktion, als auch die Darstellung der aufgenommenen eigenen Leistung als vorteilhaft für den Erwerb einer sportmotorischen Aufgabe gesehen wird (McCullagh & Weiss, 2001). Allerdings konnte für die Sportart Schwimmen gezeigt werden, dass aus der Selbstbeobachtung (self-as-a-model) der eigenen Leistung aus Videomaterial größere Lernfortschritte resultierten, als die Betrachtung anderer Modelpräsentationen (Clark & Ste-Marie, 2007; Zetou, Vernandakis & Bebetos, 2014; Starek & McCullagh, 1999). Viele Fälle zeigten positive Lernergebnisse, wenn die Video-Instruktion mehrfach wiederholt wurde (Daug, 2000; Blischke et al., 1993b; Reichardt, 1986).

Vorsicht ist dann geboten, wenn ein Trainer lediglich den Istwert eines Athleten präsentiert, da der Vergleich zu einer idealen Technik (z.B. Olympiasieger oder bester Athlet der Trainingsgruppe) fehlt (Daug et al., 1996). Als Folge davon stagniert der Lernprozess.

Selbstverständlich haben auch andere Faktoren, wie das Alter und der bisherige Erfahrungsschatz, einen Einfluss auf das Lernverhalten (Giannouis et al., 2017).

Bei älteren Athleten scheint das Videofeedback der eigenen Leistung dabei zu helfen, sporttechnische Bewegungen zu erlernen (Zetou, Kourtesis, Getsiou, Michalopoulou & Kioumourtzoglou, 2008; Zetou, Vernadakis, Bebetos & Makraki, 2012). Jüngeren Grundschulkindern half es dagegen eher, wenn sie beispielsweise für das Erlernen des Volleyballaufschlags einen erfahrenen Athleten als Model präsentiert bekamen, statt sich selbst (Zetou, Fragouli & Tzetis, 1999).

Technisch gestützte Instruktionen helfen Trainern, Fehler zu identifizieren und gleichzeitig den Athleten bei der Fehlerkorrektur (Wiemeyer & Wollny, 2017; Schmidt & Lee, 2005).

Während einer Instruktion am Bildschirm kann das Video sowohl in Normalgeschwindigkeit als auch in Zeitlupe abgespielt werden (Daug et al., 1989; Olivier, 1987; Nowoisky et al., 2012; Hanselmann, 1988; Mooney et al., 2016). Insbesondere Letzteres bietet tiefe Einblicke in die technischen Elemente, stützt gleichzeitig die Erklärungen des Trainers, verringert die Informationsmenge und bietet die Möglichkeit, die Aufmerksamkeit eines Athleten auf eine bestimmte Teilbewegung zu lenken (Wiemeyer & Wollny, 2017; Hänsel, 2003; Nowoisky et al., 2012; Olivier et al., 1994; Schmidt & Lee, 2005; Daug et al., 1989).

Eine empirische Untersuchung zeigte signifikante Unterschiede bezüglich der Zeitlupendarstellung bei den Interventionsgruppen (Olivier, 1987). Die Versuchsgruppe mit vierfacher Zeitlupendarstellung verbesserte den kinematisch-

strukturellen Wert der Sollwert-Istwert-Diskrepanz signifikant gegenüber anderen Probandengruppen (Olivier, 1987; Dausgs et al., 1991a). Es konnte außerdem festgestellt werden, dass eine einmalige Präsentation in vierfacher Zeitlupe zu einer signifikant besseren Gesamtleistung führt, als die zweifache Zeitlupe oder die vierfache Präsentation in Normalgeschwindigkeit (Olivier, 1987). Es bewährte sich eine dreimalige Präsentationswiederholung (Dausgs et al., 1991a).

Folgende Vorgehensweise erwies sich als zielführend. Nachdem einem Sportler der Sollwert gezeigt wird, führt er die Zielübung selbst aus und wird dabei gefilmt. Zuletzt bekommt der Athlet seine eigene Technik auf dem Bildschirm wieder in Normalgeschwindigkeit sowie in Zeitlupe präsentiert (Olivier et al., 2016). Es soll dabei gewährleistet werden, dass der Lernende die Rückmeldung möglichst schnell erhält und somit technische Mängel zeitnah umstellen kann (Lindinger & Müller, 1996). Scully und Carnegie (1998) untersuchten die Auswirkungen der Zeitlupendarstellung auf das Erlernen des Balletsprungs. Sie schlussfolgerten, dass die Slow Motion Funktion dabei hilft, die Koordination einer Bewegung zu erlernen, aber keine Vorteile im Bereich des absoluten Timings und der Bewegungsgeschwindigkeit aufweist (Scully & Carnegie, 1998).

Fehler beim Speerwurf konnten sowohl von Novizen als auch von Experten signifikant besser aus der Rückansicht identifiziert werden, als von der Seitansicht (Blischke et al., 1993a). Es existieren außerdem Belege dafür, dass eine simultane Split Screen Bildschirmdarstellung von Soll- und Istwert im Vergleich zur zeitversetzten Einzeldarstellung positive Lerneffekte mit sich bringt (Kopplin, 1993), was auch in der Trainerbefragung von Mooney und Kollegen (2016) bestätigt wurde. Aktuelle Softwarelösungen bieten außerdem die Möglichkeit einer fließend einstellbaren Zeitverzögerung, welche mehrere Minuten betragen kann (Opitz & Fischer, 2011). In der Praxis kann dies wie folgt aussehen: Eine Kamera filmt einen Turner bei einer Übung, der dann in den darauffolgenden 20 Sekunden zum Bildschirm läuft. Er erhält unmittelbares Feedback durch den Istwert am Bildschirm und den Trainer. Anschließend kehrt der Turner innerhalb der nächsten zwei Minuten zurück zum Gerät, bevor das nächste Video startet. Das Zeitintervall (bis ein Athlet sich selbst sieht) hängt maßgeblich von der Leistung des Computers ab, kann aber mittlerweile mehr als 10 Minuten betragen (Opitz & Fischer, 2011). Ein Vorteil liegt in der Zeitersparnis begründet, weil sowohl das Öffnen und Schließen der Videoclips, als auch das Zurückspulen bei früheren Videorecordern entfällt. Zwar gelangen die Videos nur temporär in den RAM-Speicher des Computers, können aber auch nachträglich für eine Aufarbeitung, z.B. für ein observatives Training, genutzt werden (siehe Kapitel 3.3.1.2, Opitz & Fischer, 2011). Solche Videos besitzen eine hohe räumliche und zeitliche Auflösung (Dausgs, 1999) und sind im Zeitalter des Smartphones praktisch überall realisierbar.

3.3.1.2 *Feedback*

Feedback über den Bewegungsablauf kann je nach Sportart als Sofort-, Schnell-, oder Spätinformation erfolgen (Dausgs et al., 1991a; Marschall & Dausgs, 2003; Hänsel, 2006; Nowoisky et al., 2012), wobei dafür in der Literatur z.T. unterschied-

liche Begriffe gefunden werden (Olivier et al., 2016). Inhaltlich unterscheiden sich die verwendeten Feedbackzeitpunkte nicht (siehe Tab. 2).

Tab. 2. Unterschiedliche Feedbackzeitpunkte (nach Daug's et al., 1991a, S. 51 und Olivier et al., 2016, S.190)

Unterschiedliche Feedbackzeitpunkte		
Feedbackzeitpunkt	Daug's et al., 1991a	Olivier et al., 2016
Unmittelbar nach der Bewegung	Schnellinformation	Frühinformation t < 30s
Während der Bewegung	Sofortinformation	Synchroninformation
Nach der Bewegung	Spätinformation	Spätinformation t > 30s
Aufbereitetes Videomaterial	Observatives Training	Observatives Training

Die Sofort- oder Synchroninformation erfolgt während der Bewegung selbst (Daug's et al., 1991a; Olivier et al., 2016; Nowoisky et al. 2012), ist aber bei einigen Bewegungen in manchen Sportarten kaum zu realisieren. Beispielsweise kann ein Eishockeyspieler während des Torschusses kaum auf eine Sofortinformation reagieren. Ähnlich verhält es sich während eines Saltoabgangs beim Geräteturnen. Bei beiden Bewegungen erscheinen daher die Schnell- und Spätinformation sowie ein observatives Training sinnvoller. Bei zyklischen Sportarten kann ein Synchronvideofeedback während der Bewegung erfolgen, allerdings erst beim folgenden Zyklus angewendet werden (Olivier et al., 2016).

Alternativ wurde beim Rudern ein akustisches Feedbacksystem zur Synchronität der Ruderathleten entwickelt, was mit einer Leistungssteigerung einherging (Schaffert & Mattes, 2011). Des Weiteren konnte für Ruderathleten ein Sofortfeedback über die vom Athleten erzeugte Kraft gewinnbringend eingesetzt werden (Smith & Loschner, 2002). Ein auditives Sofortfeedback half auch Turnern dabei, die Qualität ihrer Bewegung zu optimieren (Baudry, Leroy, Thouvareq & Chollet, 2006). Auch für Schwimmer wurde ein Biofeedbacksystem verwendet, um die Information über die Zugkraft unmittelbar an den Athleten weiterzugeben (Chollet, Micallef & Rabischong, 1988). Dabei wurde mit Feedbackequipment eine stabilere Schwimgeschwindigkeit (weniger Geschwindigkeitsverlust) erzielt als ohne (Chollet et al., 1988).

Speziell für die Sportart Schwimmen konnte eine wiederholte Instruktionen-Intervention langsamere Schwimmer zu schnelleren Schwimmern entwickeln (Havriluk, 2006; 2010). Innerhalb von nur einer Woche wurden jugendliche und erwachsene Schwimmer einer Instruktionen-Intervention unterzogen, bei der sie sowohl Videofeedback am Bildschirm, als auch kinästhetisches Feedback über eine Handkraftkurve erhielten (Havriluk, 2006; 2010; 2014). Dies führte zu einer signifikanten Verbesserung der Schwimmtechnik (gemessen durch den active drag coefficient) und der Schwimmleistung in allen vier Lagen (Havriluk, 2006, 2010).

Befragte Schwimmer gaben in einem Fragebogen an, dass dem Feedback vom Trainer eine große Bedeutung für das sportmotorische Lernen zukommt (Bechthold & Schölermann, 2015). Die Athleten erwarteten insbesondere eine häufige und differenzierte Rückmeldung über ihre Schwachstellen (Bechthold & Schölermann,

2015). Außerdem scheint es ratsam, sich kurz zu halten und mögliche Defizite zu visualisieren (Bechthold & Schölermann, 2015).

3.3.2 *Bedingungen und Kriterien für ein effektives Videofeedbacktraining*

Damit das Videofeedback gelingt, bedarf es bestimmter Voraussetzungen. Prinzipiell wird empfohlen, dass die Athleten die Grundstufe der Technik bereits erworben haben, so dass Technikformen durch das Videofeedback verfeinert werden können (Hanselmann, 1988). Eine frühe Studie von Bunker und Kollegen (1976) stützt diese These. Bei jüngeren Probanden (4,5 – 6,4 J) konnte kein positiver Technikerwerb im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden. Ältere Versuchspersonen (6,5 – 8,5 J) verbesserten durch das Videofeedbacktraining ihren Beinschlag beim Kraulschwimmen (Bunker et al., 1976).

Einige Autoren weisen darauf hin, dass sich die Lerneffekte nach einem Videofeedbacktraining verbessern lassen, wenn zusätzlich eine Aufmerksamkeitslenkung (sog. cues) auf bestimmte Bewegungsmerkmale stattfindet (Olivier et al., 1994; Schmidt & Lee, 2005; Dausgs et al., 1991a; Dausgs et al., 1989; Wulf, 2007). Das Grundwissen über die Bewegung gilt daher als Voraussetzung und vertieft wichtige Schlüsselkomponenten. Beim Kraulschwimmen beispielsweise gilt der *hohe Ellbogen* als besonders wichtiges Technikmerkmal in der Überwasser- sowie der Unterwasserphase des Armzugs (Schneider, 2012; Maglischo, 2003; Counsilman, 1993; Wick, 2013; Makarenko, 1978). Daher kann insbesondere auf Schlüsselwörter (verbal cueing: Ellbogen) zurückgegriffen werden, um ein sporttechnisches Detail hervorzuheben (Havriluk, 2006).

Beim Erlernen eines Softballwurfes zeigten verbale Schlüsselwörter deutliche Veränderungen bei den Probanden (Wiese-Bjornstal & Weiss, 1992). Dieses Basiswissen über die relevanten Aspekte einer sportlichen Technik können als Grafik sinnvoll eingesetzt werden (Nowoisky et al., 2012). Untersuchungen zeigen, dass die Kombination von Instruktion und Feedbackinformation zu erheblichen Lernfortschritten führt (Dausgs et al., 1989; Blischke et al., 1993b; Kopplin, 1993; Olivier & Müller, 2002; Ste-Marie et al., 2012).

Die Häufigkeit des Videofeedbacks – als weiterer entscheidender Faktor – wird als Feedbackfrequenz bezeichnet und beschreibt, wie oft ein Feedback eingesetzt wird (Nowoisky et al., 2012; Olivier & Müller, 2002; Hillebrecht, 1993; Hänsel, 2006). Prinzipiell liegen Ergebnisse vor, die bei hoher Feedbackfrequenz zu guten Lernfortschritten führen (Blischke et al., 1993b; Hänsel, 2006; Sidaway & Hand, 1993). Sidaway und Hand (1993) konnten positive Ergebnisse bei 10, 20 und 100 Prozent Feedbackfrequenz beim Erlernen des Golfschwungs präsentieren.

Eine Gefahr bei einer zu hohen Feedbackrate besteht allerdings darin, dass der Athlet seine innere Wahrnehmung vernachlässigt, da externes Feedback allgegenwärtig ist und die Bewegung ununterbrochen evaluiert wird (Nowoisky et al., 2012; Wulf, Schmidt & Deubel, 1993; Schmidt & Lee, 2005; Dausgs et al., 1991a; Hänsel, 2006; Pöhlmann & Bernien, 1981).

Die Feedbackfrequenz kann absolut oder relativ prozentual zur Anzahl der ausgeführten Übung angegeben werden (Schmidt & Lee, 2005; Salmoni, Schmidt & Wal-

ter, 1984; Hänsel, 2006). Bei 80 durchgeführten Übungen erhält der Athlet 40-mal eine Feedbackinformation, so entspricht die absolute Feedbackfrequenz 40. Die relative Feedbackfrequenz – als bedeutenderer Parameter (Rockmann-Rüger, 1991) aus dem obigen Beispiel kann wie folgt errechnet werden:

$$(40 : 80) \cdot 100 = 50 \%$$

[Anzahl d. Feedbackinformationen : Anzahl d. Übungen] · 100 = Prozentsatz

Bei Kindern oder Lernanfängern wird eine hohe Feedbackfrequenz von 67 Prozent empfohlen (Wulf et al., 1993; Lindinger & Müller, 2002; Pöhlmann & Bernien, 1981). Die Frage, wann ein Athlet das Feedback erhält, wird durch ein Zeitintervall (KR = knowledge of result) geklärt und sollte relativ kurz gehalten werden (< 60 s, Lindinger & Müller, 1996; Rockmann-Rüger, 1991; Schmidt & Lee, 2005; Salmoni et al., 1984; Dausgs et al., 1996; Fehres, 1990). Abbildung 4 beschreibt dieses Zeitintervall (Gesamtintervall) und beginnt mit der Darbietung (Bewegung), es folgt das Feedback und endet mit der nochmaligen Bewegung des Athleten (Nowoisky et al., 2012; Rockmann-Rüger, 1991). Das Post-KR-Intervall entspricht also dem Zeitraum zwischen dem Feedback und der wiederholten Bewegung (Rockmann-Rüger, 1991; Hänsel, 2006; Lee & Magill, 1983, Abb. 4).

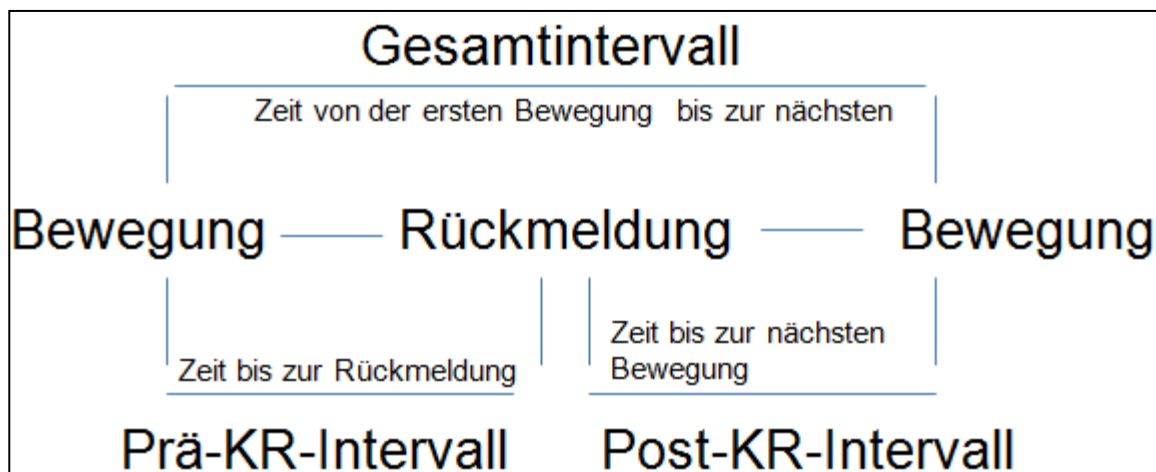


Abb. 4. Zeitintervalle beim Videofeedbacktraining in Anlehnung an Salmoni et al., 1984, S.365

Grundsätzlich können Gedächtnisleistungen im Kurzzeitgedächtnis nur wenige Sekunden behalten werden, so dass ein Zeitfenster für das Prä-KR-Intervall von 5 bis 30 Sekunden empfohlen wird (Dausgs et al., 1989; Olivier & Rockmann, 2013; Lindinger & Müller, 1996; Hänsel, 2006; Hanselmann, 1988). Das Post-KR-Intervall erscheint weniger bedeutend und kann bis zu 120 Sekunden betragen (Nowoisky et al., 2012; Fehres, 1992; Lindinger & Müller, 1996; Schmidt & Lee, 2005; Lee & Magill, 1983). Trotzdem ist darauf zu achten, dass Störfaktoren (zusätzliche Aufgaben oder Gespräche während des Post-KR-Intervalls) die Leistung in negativer Weise beeinflussen (Benedetti & McCullagh, 1987; Schmidt & Lee, 2005; Boucher, 1974).

Hänsel (2006) unterscheidet zwischen quantitativem Feedback (z.B. 5 cm zu weit) und qualitativem Feedback (z.B. richtig vs. falsch), wobei letzteres im Anfängerstadium und ersteres bei fortgeschrittenerem Level eingesetzt wird. Mit steigender Expertise scheint daher auch eine höhere Präzision des Feedbacks vorteilhaft (Hänsel, 2006). Abbildung 5 beschreibt eine fallende Frequenz bei steigender Expertise und gleichzeitig eine hohe KR-Frequenz in frühem Lernstadium (Hillebrecht, 1993; Pöhlmann & Bernien, 1981). Untersuchungen ergaben, dass eine Feedbackfrequenz von 30 Prozent für fortgeschrittenere Athleten zu empfehlen ist (Olivier & Müller, 2002; Marschall & Daug, 2003).

Weitere Empfehlungen für die Praxis des Videofeedbacktrainings finden sich bei Daug (2000), Olivier und Müller (2002), Nowoisky und Kollegen (2012):

- Die Feedbackfrequenz sollte mindestens 25 Prozent betragen.
- Das Intervall (Post-KR) darf maximal 120 Sekunden dauern.
- Bei verbalem Feedback (Prä-KR) liegt das Zeitintervall zwischen 10 bis 30 Sekunden (Abb. 5).

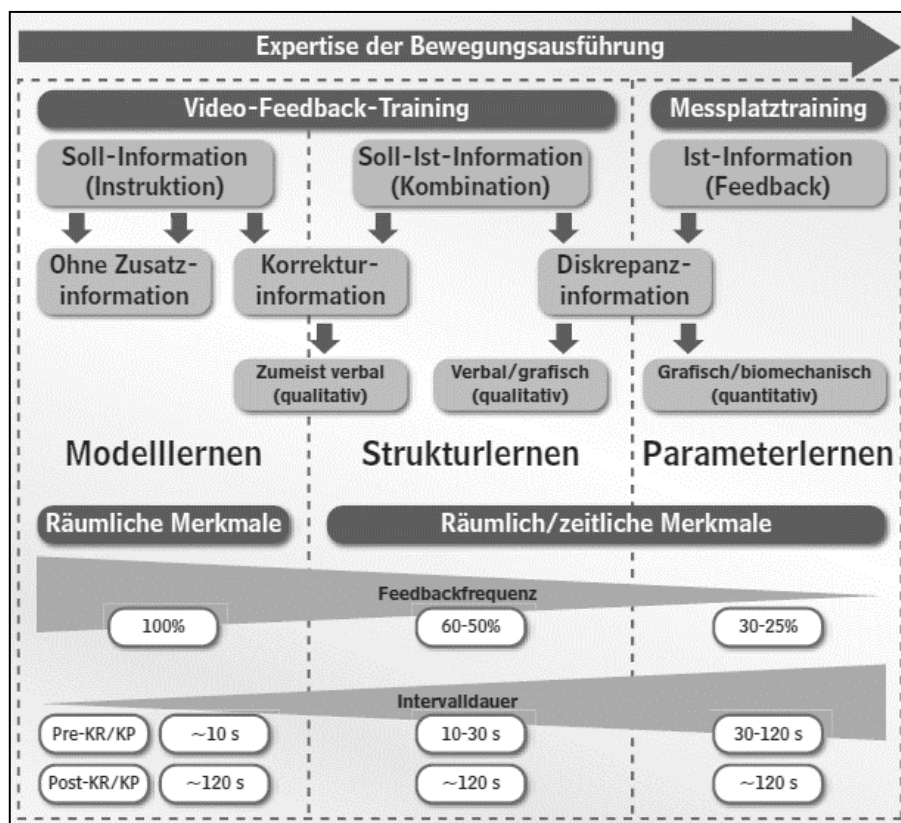


Abb. 5. Informationsinhalt von Video-Feedback in Abhängigkeit von der Expertise der Bewegungskörperausführung (nach Nowoisky et al., 2012, S.21)

Es ist offensichtlich, dass ein einmaliges Videofeedbacktraining keinen durchschlagenden Erfolg darbieten kann. Es wird daher empfohlen, solch ein Training kontinuierlich über mindestens 5 Wochen in einem zeitlichen Rahmen von 20 bis 40 Minuten pro Trainingseinheit zu realisieren (Magill, 2011; Nowoisky et al., 2012; Lindinger & Müller, 1996; Daug et al., 1991a; Boeckmann, Heymen & Risch,

1979), wobei die Frage nach Aufwand und Ertrag stets Beachtung finden sollte (Hanselmann, 1988). Eine Empfehlung, wie oft pro Mesozyklus ein Videofeedbacktraining eingesetzt werden sollte, ließ sich im Rahmen dieser Recherche nicht spezifizieren. Es wurde jedoch auf Folgendes hingewiesen:

„Wird die Betrachtung der Video-Rückmeldung nur für kurze Zeit und/oder in zu geringer Häufigkeit ermöglicht, führen die Untersuchungen eher zu nicht signifikanten Ergebnissen“ (Fehres, 1992, S. 29).

Auch wenn die Arbeit hier in Kleingruppen (3 bis 5 Personen, Fröhner et al., 2004; Shimojo et al., 2008; Hanselmann, 1988; Daug's et al., 1989) wünschenswert und sicher wertvoll wäre, so muss dieses Training den personellen Gegebenheiten eines Sportvereins Rechnung tragen. Auch die Einbeziehung der Athleten in den Auswertungsprozess scheint sinnvoll, z.B. kann der Athlet möglicherweise selbst schon technische Defizite identifizieren (Hanselmann, 1988).

Um einen strukturierten Plan für ein Videofeedbacktraining zu erstellen, muss zunächst die Zielstellung definiert werden (Daug's et al., 1991a). Des Weiteren müssen das Alter sowie das Könnensniveau der Athleten berücksichtigt werden (Bompa, 1999), da sich danach die Art der Instruktion sowie die Darbietungsform richtet (Nowoisky et al., 2012).

Für die praktische Umsetzung und Planung der Struktur des Videotraining's fassen Reiser, Panzer und Müller (2002, S. 253) folgende Punkte zusammen:

- Analyse der videografisch dargestellten Soll-Ist-Diskrepanzen
- Erstellung einer merkmalsadäquaten Sollwertvorgabe
- Fehler- und Zielanalyse
- Festlegung sprachlicher Bezeichnungen zur Kennzeichnung von Soll-Ist-Diskrepanzen
- Festlegung der methodischen Strukturierung der Feedback-Zyklen (Betrachtungshäufigkeit, Darbietungsgeschwindigkeit)
- Festlegung von Evaluationskriterien (Effektivität, Relation, Aufwand/Nutzen)

Die Gefahr solch eines Trainings besteht darin, dass die im Training gezeigte Leistung inklusive technischem Feedback im Wettkampf aufgrund fehlender Informationen ausbleibt (Olivier & Müller, 2002; Stroß & Wiemeyer, 2017).

Für Kinder und Lernanfänger scheinen Informationen zu räumlichen Bewegungsmerkmalen besser geeignet, als zeitliche (Nowoisky et al., 2012; Daug's et al., 1991a). Fortgeschrittene Athleten können durch ein größeres Repertoire an motorischen Fähigkeiten räumlich-zeitliche Informationen verwerten (Lindinger & Müller, 1996; Daug's et al., 1991a). Prinzipiell sollten komplexe Bewegungen, z. B. der Kippaufschwung im Reckturnen, in mehrere Bewegungen unterteilt werden bzw. vereinfacht werden, da die Informationsmenge den Lernanfänger sonst überfordern würde (Nowoisky et al. 2012; Bompa, 1999; Daug's et al., 1991a).

Problematisch kann es werden, wenn die Sprache des Trainers nicht der des Athleten entspricht oder Ironie verwendet wird (Borggreffe, Cachay & Bahlke, 2016). Gemeint ist dabei nicht, dass sie über unterschiedliche Muttersprachen verfügen,

sondern dass dem Athlet oder dem Trainer die Fähigkeit zur Verbalisierung der Technik fehlt. Ein weiteres Problem kann im Rahmen der Kommunikation entstehen, wenn der Trainer eine zu komplexe Fachsprache verwendet, anstatt kindgerechter und anschaulicher Erklärungen (Kushner, Kiefer, Lesnick, Faigenbaum, Kashikar-Zuck & Myer, 2015). Daher gilt eine *gemeinsame Sprache* zwischen den Trainern und Athleten als Voraussetzung für den Lernerfolg (Neumaier et al. 1997; Borggreffe et al., 2016).

Abschließend zu diesem Kapitel ist festzustellen, dass das Videofeedbacktraining einerseits mit einem hohen zeitlichen und technischen Aufwand verbunden ist, aber gewinnbringend für das Erlernen und Entwickeln sportlicher Techniken eingesetzt werden kann. Der Erfolg entspringt jedoch weder von der technischen Ausstattung noch vom Feedbacktraining (Daug's et al., 1991a), da diese spezielle Form des Trainings immer in den gesamten Trainingsprozess eingebunden werden muss.

3.4 Techniktraining für Kinder

Im Anfängerbereich ist man sich einig über die große Bedeutung des Techniktrainings und das in nahezu jeder untersuchten Sportart (Neumaier et al. 1997; Martin, 1991).

Trainer verschiedener Sportarten beurteilen den Stellenwert des Techniktrainings z.T. unterschiedlich, da die sportartspezifischen Leistungsanforderungen berücksichtigt werden müssen (Carl, 1991).

Die KerN-Trainerbefragung (Konzepte erfolgreichen Nachwuchstrainings) von Hohmann und Kollegen (2017) zeigt bezüglich der Technik im Sport ein ähnliches Bild. Auch hier wird die Schlüsselrolle der sportartspezifischen Technik während des langfristigen Trainingsprozesses als „Eintrittskarte“ bzw. „Begrenzungsmauer“ beschrieben (Hohmann et al. 2017, S.166, Abb. 6).

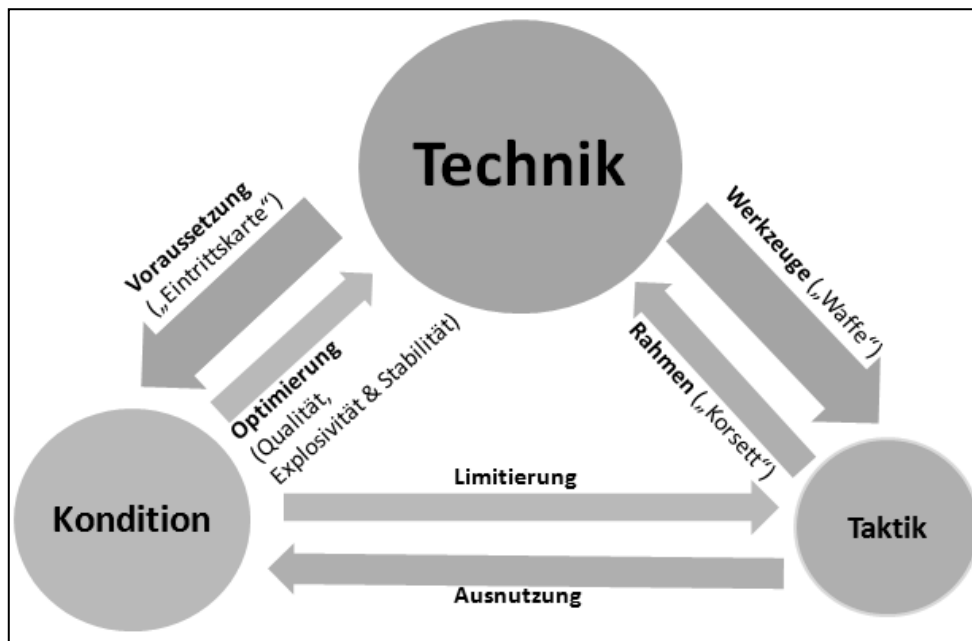


Abb. 6. Die Technik als dominanter Grundpfeiler der sportlichen Leistungsfähigkeit im Nachwuchstraining (nach Hohman et al., 2017, S.166)

Die sportliche Technik gilt als Voraussetzung für die Teilnahme an sportlichem Training und Wettkampf (Martin et al., 1993; Hohmann et al., 2017). Es wird daher deutlich, dass das Techniktraining nicht nur im Sinne des Bewegungslernens verstanden werden darf, sondern auch darüber hinaus die Voraussetzung für sportliche Höchstleistung darstellt (Wiemeyer & Wollny, 2017; Carl, 1991).

Wird eine sportliche Technik falsch gelernt, so kann sie zu kurz- und langfristigen Schäden durch Fehlbelastungen führen. Beispielsweise können im Bereich Gewichtheben durch eine falsche Bewegungstechnik Schäden im unteren Rücken entstehen (vgl. Kapitel 2). In der Sportart Schwimmen wird immer wieder auf die Probleme mit der Wirbelsäule (Mountjoy, 2018; Dawson & Rodeo, 2015; Johnson, 2003; Mutoh, Takamoto & Miyashita, 1988; Wolf, Ebinger, Lawler & Britton, 2009; Köhler, Pohlenz & Witt, 2017), der Schwimmerschulter (Mountjoy, 2018; Marsh & Pilczuk, 2012; Burchfield, Cofield & Cofield, 1994; Dawson & Rodeo, 2015; Gaunt & Mafulli, 2012; Johnson, 2003; Maglischo, 2003; Mutoh et al., 1988; Wolf et al., 2009; Richardson, Jobe & Collins, 1980; Sein, Walton, Linklater, Appleyard, Kirkbride, Kuah & Murrell, 2010; Tate, Turner, Knab, Jorgensen, Strittmatter & Michener, 2012; McMaster & Troup, 1993; Monteil, Rouard, Dufour, Cappaert & Troup, 1996) oder der Schwimmerknie eingegangen (Mountjoy, 2018; Clarys & Rouard, 2011; Dawson & Rodeo, 2015; Gaunt & Mafulli, 2012; Mutoh et al., 1988; Keskinen, Eriksson & Komi, 1980; Rovere & Nichols, 1980), welche nach Auffassung einiger Autoren u.a. auf eine mangelnde sportliche Technik zurückzuführen sind (McMaster, 1996; Weisenthal, 2000; Pankhurst, 2015). Das Erlernen einer optimalen sportlichen Technik soll daher dem Drop-Out durch sportliche Verletzungen entgegenwirken (Hohmann et al., 2017). Selbst in kraft- oder ausdaueraffinen Sportarten, wie Gewichtheben oder dem Marathonlauf, gilt eine optimale Technik einerseits als unabdingbar für eine erfolgreiche sportliche

Leistung und schützt andererseits vor Fehlbelastung am Stütz- und Bewegungssystem (Neumann & Hottenrott, 2016; Mierke, 2007; Sheehan, Mickel & Tomczak, 1977; Worobjow, 1984; Garhammer, 1998).

Die vorher genannte Begrenzungsmauer beschreibt die sportliche Technik als leistungslimitierenden Faktor. Ein befragter Judotrainer berichtete, dass viele Jugendliche durch Kraft statt durch eine saubere Technik eine Bewegung ausführen, was selten mit sportlichem Erfolg einhergeht (Hohmann et al., 2017). Das hohe Technikniveau von Athleten ist im Hochleistungssport also eine unabdingbare Voraussetzung für Spitzenleistungen (Hohmann et al., 2017). Dies lässt sich aber auch andersherum betrachten. Die sportliche Technik beeinflusst durch ihren hohen Stellenwert maßgeblich alle konditionellen- und taktischen Fähigkeiten (Hohmann et al., 2017), was aus Abbildung 6 hervorgeht.

In technisch determinierten Sportarten, wie Turnen, Eiskunstlauf oder Turmspringen, ist Vollendung der Zieltechnik nicht alleine entscheidend, da die technische Ausführung bewertet wird (Wiemeyer & Wollny, 2017; Letzelter, 1997). Hier ist es notwendig, eine qualitativ hochwertige Technik anzustreben, da sonst der gewünschte Erfolg ausbleibt. Bei Sportarten mit einer hohen konditionellen Belastung werden technische Defizite dazu führen, dass die Athleten energetisch schnell an ihre Grenzen kommen (Hohmann et al., 2017). Auch bei taktisch bestimmten Kampf- und Sportsportarten hindern solche Technikdefizite daran, eine Gruppen- oder Mannschaftstaktik zu realisieren (Hohmann et al., 2017).

Trainer betrachten nicht nur die Qualität sportlicher Bewegung, sondern auch die Lerngeschwindigkeit, mit der sich ein Athlet bestimmte Techniken aneignet (Hohmann et al., 2017). Dies ist insofern wichtig, da die Zeit der Pubertät oft mit einer Stagnation- oder einem Leistungsrückschritt der motorischen Fähigkeiten geprägt ist. Sie bietet daher durch die vermehrte Produktion von Testosteron die Möglichkeit, Kraftkomponenten zu entwickeln. Die bis zur Pubertät erworbenen motorischen Fähigkeiten bilden den Schlüssel zum Erfolg späterer Wettkampfleistungen, da taktische und konditionelle Trainingsreize auch während oder nach der Pubertät erworben werden können (Hohmann et al., 2017; Mukherjee, Ting Jamie & Fong, 2017).

Von Neumaier und Kollegen (1997) wird vermutet, dass der Stellenwert des Techniktrainings bei zyklischen Ausdauersportarten wegen der hohen Gewichtung des Ausdauertrainings in den Hintergrund gerät. Einer der befragten Rudertrainer aus der KerN-Studie widersprach (Hohmann et al. 2017, S. 167):

„Die Ausdauerkomponente bringt kurzfristig für das Jahr oder für die Zeit bis 18 Jahre, [...], auf jeden Fall mehr Erfolg. Ja, aber nachher wenn ich den mit 22, 23 Jahren habe und rudertechnisch ist der irgendwo limitiert, ja, dann habe ich das Ganze in der Jugend verbockt“.

Das Techniktraining sollte sämtliche Altersstufen und Leistungsniveaus durchlaufen und ist damit niemals abgeschlossen (Hohmann et al., 2017; Wiemeyer & Wollny, 2017; Wilke & Madsen, 1997). Kein Techniktraining kann als allgemein gültig angesehen werden, da die jeweilige Sportart mit ihren spezifischen Eigenschaften be-

rücksichtigt werden muss. Außerdem beeinflussen das Alter und das bisherige technische Können maßgeblich die Ausgestaltung des Techniktrainings. In einem aktuellen Modell des Techniklernens von Hohmann und Kollegen (2017) verdeutlicht ein Muster hinter den Antworten der bereits in vorherigen Kapiteln erwähnten Trainerbefragung. Dieses Schema aus Abbildung 7 beinhaltet einerseits die Verbesserung der Wettkampfleistung sowie andererseits eine Verschiebung von allgemeiner Koordinationverbesserung zu spezifischen technischen Ausbildungen (Hohmann et al., 2017). Das Konzept des technikorientierten Nachwuchstrainings umfasst vier Ausbildungsstufen, das Technikgefühl, das Technikinventar, die Technikpräzision und die Technikstabilität (Hohmann et al., 2017, S. 174, vgl. Abb. 7).

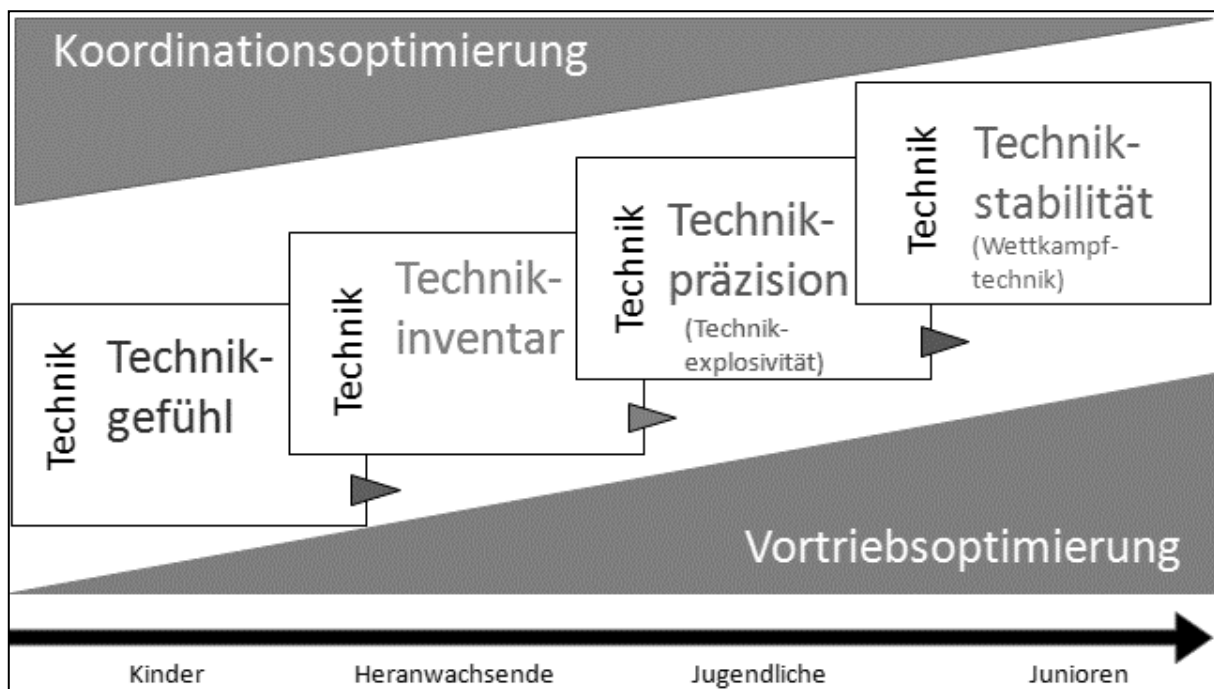


Abb. 7. Das vierfach gestufte Konzept des technikorientierten Nachwuchstrainings (nach Hohmann et al., 2017, S.174)

Aus Abbildung 7 wird deutlich, dass der Koordinationsoptimierung zu Beginn eine größere Bedeutung zukommt als der Vortriebsoptimierung. Dieses Verhältnis ändert sich für den Athleten in der Periode vom Kind zum Junioren. Eine genauere Betrachtung der vier Stufen ist lohnenswert und kann bei Hohmann und Kollegen (2017) vertieft werden. Für diese Arbeit ist jedoch nur die erste Stufe (Technikgefühl) relevant, da sie dem Alter und Könnenstand der Versuchspersonen entspricht. Neben der methodischen Erarbeitung der sportlichen Technik, scheint das Technikgefühl der Kinder von großer Bedeutung für die Trainer (Hohmann et al., 2017). Dieses Gefühl wird von den Athleten je nach Sportart unterschiedlich beschrieben: „Geschicklichkeit“ (Eiskunstlauf, Volleyball), „Gewandtheit“ (Rudern, Yudo), „Leichtigkeit“ (Hockey) oder als „Gleiten“ (Schwimmen, Skilanglauf, Skirennlauf, Eisschnelllauf) (Hohmann, et al., 2017, S.175). Es kommt selbstverständlich auch in anderen Sportarten als Flug- oder Ballgefühl (Skispringen, Ballsportarten) vor

(Martin et al., 1993). Dieses Gefühl entspricht einem Qualitätsmerkmal sportlicher Bewegung.

Viele Autoren berichten, dass motorische, physische und psychische Grundlagen bereits vor Eintritt der Pubertät (5 – 9 J) erworben und verfeinert werden sollten (Hirtz & Starosta, 2002; Martin, 1982; VanHeest & Cappaert, 2004; Balyi et al., 2013; Pauer, 1998; Reinschmidt & Bachmann, 2008; Wiemeyer & Wollny, 2017; Abt et al., 2002; Pankhurst, 2015; Zeuner, Findeiß, Krause, Täufel & Müller, 2012), da sportliche Höchstleistung einen Trainingsprozess von 6 bis 10 Jahren erfordert (Martin, 1982). Es ist allgemein anerkannt, dass vorpubertäre Kinder besonders gut auf koordinative Reize ansprechen (Hirtz & Starosta, 2002; Martin, 1982; Lloyd, Radnor, Moeskops, Meyers, Read & Oliver, 2020), daher scheint es lohnenswert die Phase vor der Pubertät genauer zu beleuchten, um herauszufinden, was den Kindern hilft die sportliche Technik zu erlernen, oder was möglicherweise den Technikerwerb beschleunigt.

4 Ziel des Forschungsprojekts

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, den Einfluss eines 9-wöchigen Schwimmtechniktrainings (Technikgruppe: TG2-T) und eine Kombination aus Kraftausdauer- (Kraftausdauergruppe: TG1-KA) und Schwimmtechniktraining auf die Schwimmleistung sowie die Schwimmtechnik zu untersuchen.

Dafür wurden insgesamt drei Interventionsgruppen und eine Kontrollgruppe mit folgenden Inhalten erstellt:

- Rumpfkrafttraining + Techniktraining im Wasser (TG1a-RK)
- Vortriebskrafttraining + Techniktraining im Wasser (TG1b-VK)
- Videofeedbacktraining + Techniktraining im Wasser (TG2-VFB)
- Schwimmtraining + Techniktraining im Wasser (KG)

Des Weiteren sollen mithilfe einer multiplen linearen Regression jene Prädiktoren bestimmt werden, die sich systematisch auf die Schwimmkraft, die Schwimmtechnik und die Schwimmleistung bei 7- bis 10-jährigen Kindern auswirken.

Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber geben, ob ein reines Schwimmtraining im Wasser für die vorpubertären Kindern zur Förderung der Schwimmtechnik und der Schwimmzeit besser geeignet ist, als ein Kombinationstraining aus Kraftausdauertraining an Land und einem Schwimmtraining im Wasser.

5 Material und Methoden

Die folgende Tabelle 3 soll zu Beginn des Material- und Methoden-Kapitels die fachterminologischen Begriffe klären und zudem die angewendeten Tests sowie die Variablen definieren. Auf die verschiedenen Tests wird insbesondere in Kapitel 5.5 näher eingegangen.

Tab. 3. Fähigkeiten, Test- und Variablenbezeichnung

Fähigkeit	Testbezeichnung	Variablenbezeichnung
Schwimmkraft	Tethered Swimming Test	F _{SW}
Schwimmtechnik	Trainerbeobachtung mittels standardisierten Beobachtungsbogen	ST
Schwimmleistung 25 m Kraul	Kraulsprint 25 m	T ₂₅
Sprungkraft	Counter Movement Jump	CMJ
Wurfkraft	Medizinballstoß	MBS
Rumpfkraft	Plank Test/Unterarmstütz	T _{Plank}

5.1 Interventionen

Die folgende Abbildung 8 beschreibt die drei Interventionsgruppen mit den durchgeführten Trainingseinheiten, sowie die Kontrollgruppe. Die drei verschiedenen Interventionen wurden zufällig den Schwimmvereinen zugeordnet. Alle vier Gruppen absolvierten in einem Zeitraum von 9 Wochen zweimal pro Woche ein 30-minütiges standardisiertes Techniktraining im Wasser und die drei Testgruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB) im Anschluss eine 30-minütige Intervention und die Kontrollgruppe ein weiteres Techniktraining im Wasser. Dadurch sollten die Bedingungen für alle Athleten bezogen auf das Techniktraining im Wasser möglichst vereinheitlicht werden. Des Weiteren wurde bewusst diese Reihenfolge gewählt, da beispielsweise nach Kraftausdauerinterventionen Ermüdungseffekte auftreten, was das Erlernen der Schwimmtechnik in negativer Weise beeinflussen könnte.

Trainingsgruppe 1 Kraftausdauer (TG1-KA)		Trainingsgruppe 2 Technik (TG2-T)	
RUMPFKRAFTGRUPPE (TG1a-RK)		VIDEOFEEDBACKGRUPPE (TG2-VFB)	
2 TE (30')	Techniktraining im Wasser	2 TE (30')	Techniktraining im Wasser
2 TE (30')	Krafttraining an Land	2 TE (30')	Videofeedbacktraining an Land + Wasser
VORTRIEBSKRAFTGRUPPE (TG1b-VK)		KONTROLLGRUPPE (KG)	
2 TE (30')	Techniktraining im Wasser	2 TE (30')	Techniktraining im Wasser
2 TE (30')	Krafttraining an Land	2 TE (30')	Wassertraining (Starts, Wenden, Schnelligkeit, Ausdauer)

Abb. 8. Interventionsgruppen und Kontrollgruppe mit den Trainingsinhalten und Trainingseinheiten (TE)

Die Reihenfolge 1. Techniktraining und anschließend 2. Intervention konnte jedoch nicht bei allen Probanden der Videofeedbackgruppe aufrechterhalten werden (siehe Kapitel 5.1.3).

Das standardisierte Techniktraining wurde im Wasser durchgeführt und beinhaltete die drei Schwerpunkte: Armzug unter Wasser, Armzug über Wasser und den Kraulbeinschlag. Für jede 30-Minuten-Wassereinheit waren zwei bis drei Technikübungen, das Schwimmen in ganzer Kraullage vorgesehen. Die Trainer erhielten

den Hinweis, dass mit niedriger Intensität und mit sauberer Technik geschwommen werden sollte. Trainingseinheiten für vorpubertäre Kinder sind so abwechslungsreich wie möglich zu gestalten (Bar-Or, 1996), so dass diesem Aspekt Rechnung getragen wurde (vgl. Tab. 4).

Im Rahmen dieser Arbeit wird u.a. von Krafttraining bzw. Kraftgruppen gesprochen (vgl. Abb. 8). Für diese Altersgruppe (7 – 10 J) bedeutet jede Art von Krafttraining ein Kraftausdauertraining (vgl. Kapitel 2).

Tab. 4. Trainingsplan des Techniktrainings im Wasser, Interventionszeitraum, Einheiten (E1,...,E16) Schwerpunkte (Armzug ü. und u. Wasser, Beinschlag) sowie Übungsnummer (1,...5).

Wochen	Einheiten	Schwerpunkte	Übungen
Eingangstest			
Woche 1	E1	Armzug u. Wasser	1, 2, 3
	E2	Beinschlag	1, 2, 3
Woche 2	E3	Armzug ü. Wasser	1, 2, 3
	E4	Beinschlag	1, 3, 4
Woche 3	E5	Armzug u. Wasser	1, 3, 4
	E6	Armzug ü. Wasser	1, 3, 4
Woche 4	E7	Armzug u. Wasser	1, 2, 5
	E8	Beinschlag	1, 2, 5
Zwischentest			
Herbstferien			
Woche 6	E9	Armzug ü. Wasser	2, 3, 4
	E10	Armzug u. Wasser	1, 3, 5
Woche 7	E11	Beinschlag	1, 4, 5
	E12	Armzug u. Wasser	1, 2, 3
Woche 8	E13	Armzug ü. Wasser	2, 3, 4
	E14	Beinschlag	1, 2, 3
Woche 9	E15	Armzug u. Wasser	1, 2, 5
	E16	Beinschlag	1, 2, 5
Ausgangstest			

Die Übungsauswahl eins bis fünf aus der Tab. 4 wurde aus folgenden Standardwerken (Maglischo, 2003; Schneider, 2012; Wilke & Madsen, 1997; Lucero, 2010; Beck, Kraus, Schmitt, Unger & Weiss 2017; Bissig & Göbli, 2004) für das Erlernen des Kraulschwimmens entnommen.

Die Anleitung für die Technikübungen im Wasser – bestehend aus dem Aufgabenpool, der Beschreibung der Aufgaben, dem Trainingsprogramm und der zu schwimmende Distanz – wurde den Trainern zur Durchführung übergeben (Tab. 5, 6 und 7). Als Anleitung für die Technikübungen im Wasser wurden folgende Hinweise formuliert:

- Für jede Wassereinheit (30 Min) sind zwei bis drei Übungen angesetzt.
- Es soll mit niedriger Intensität und sauberer Technik geschwommen werden.

- Es folgen kurze Erklärung der Übung an Land, bzw. Demonstration an Land, anschließend schwimmen die Athleten wieder.

Für die drei Teilbereiche Armzug unter Wasser, Armzug über Wasser und Beinschlag wird ein Beispiel in den Tabellen 5, 6 und 7 genannt. Die vollständigen Technikübungen und Beschreibungen sind der Anlage 1 zu entnehmen.

Tab. 5. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Armzug unter Wasser, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.

Armzug Unterwasserphase			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Abschlagschwimmen mit Pullkick/Pullbuoy (Pk) und ohne (o.) Gala	Bauchlage: Man zieht mit einem Arm, während der andere gestreckt in Vorhalte bleibt. Kommt der ziehende Arm zurück in Vorhalte, beginnt der andere Arm.	4 x 25 m P10“ m Pk	100
		4 x 25 m P10“ o. Pk	100
		2 x 50 m P10“	100

Tab. 6. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Armzug über Wasser, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.

Armzug Überwasserphase			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Kraul an der Leine m. PK Gala	Geschwommen wird nahe an der Leine (Schulter berührt fast die Leine). Hoher Ellbogen bei der Rückholphase und sauberes Eintauchen.	2 x 50 m P5“ m Pk Leine re	100
		2 x 50 m P5“ m Pk Leine li	100
		2 x 50 m P10“	100

Tab. 7. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Beinschlag, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.

Beinschlag			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Beinschlag mit Brett & Flossen Gala	Schwimmbrett in Vorhalte. Kraulbeinschlag mit Flossen	2 x 50 m P5“ m Brett & Flossen	100
		2 x 50 m P5“ m Brett & o. Flossen	100
		2 x 50 m P10“	100

Eine Trainingseinheit kann durch die folgende Abbildung 9 beschrieben werden. Die Zahlen (1 und 2) auf den Pfaden symbolisieren die Reihenfolge der jeweiligen Trainingsinhalte. Außerdem wird das Videofeedbacktraining mithilfe der Videoinstruktion (VI), der Istwertpräsentation (I1) und des Feedbacks (KR) beschrieben.

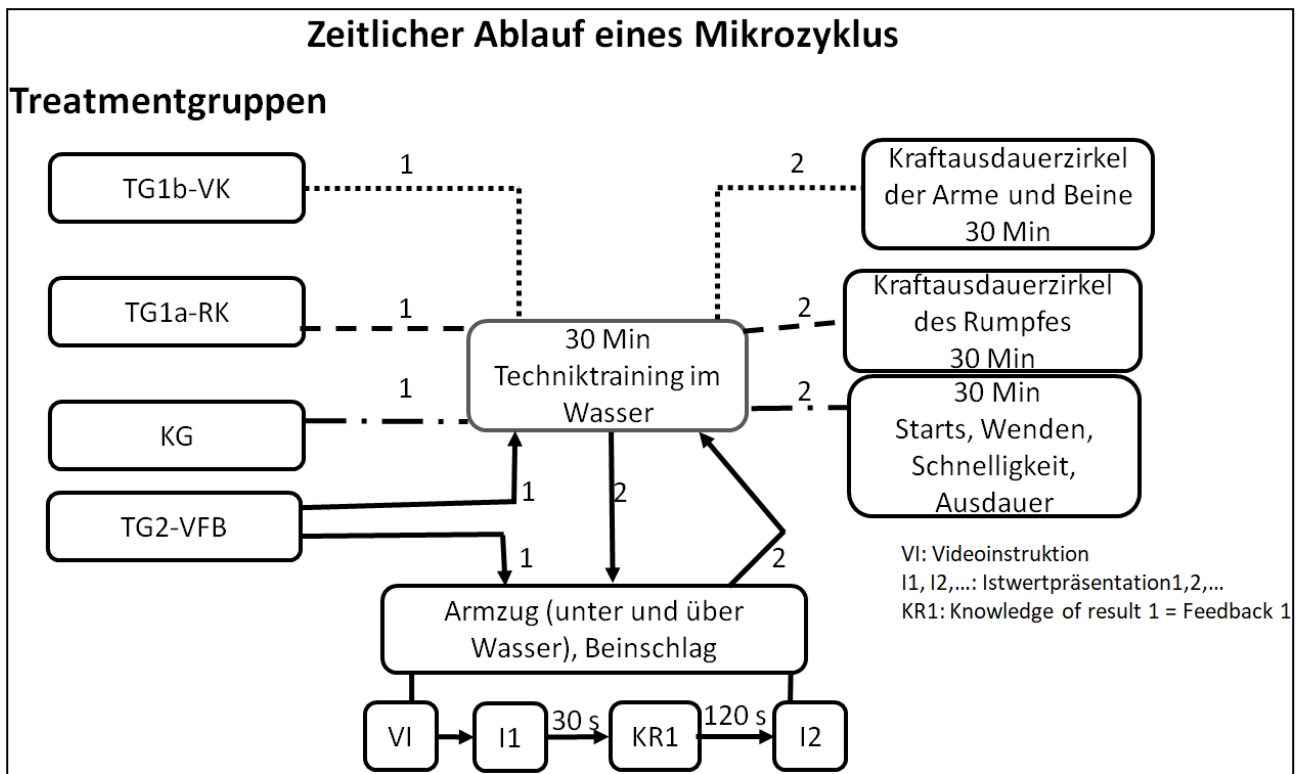


Abb. 9. Die Gruppen TG1b-VK, TG1a-RK, TG2-VFB und KG führten zuerst das Techniktraining im Wasser durch (1), anschließend folgte für TG1b-VK und TG1a-RK das Kraftausdauertraining (2) und für KG das Wassertraining bestehend aus Starts, Wenden, Schnelligkeit und Ausdauer (2).

5.1.1 Rumpfkraftgruppe (TG1a-RK)

Beim Design der Krafttrainingsinterventionen wurde sich insbesondere an Empfehlungen von Kraemer und Ratamass (2004) sowie Amaro und Kollegen (2017) gehalten.

Nach dem Techniktraining im Wasser fand das Rumpfkraftausdauertraining direkt in der Schwimmhalle neben dem Schwimmbecken statt. Dafür wurden folgende Übungen herangezogen (Tab. 8).

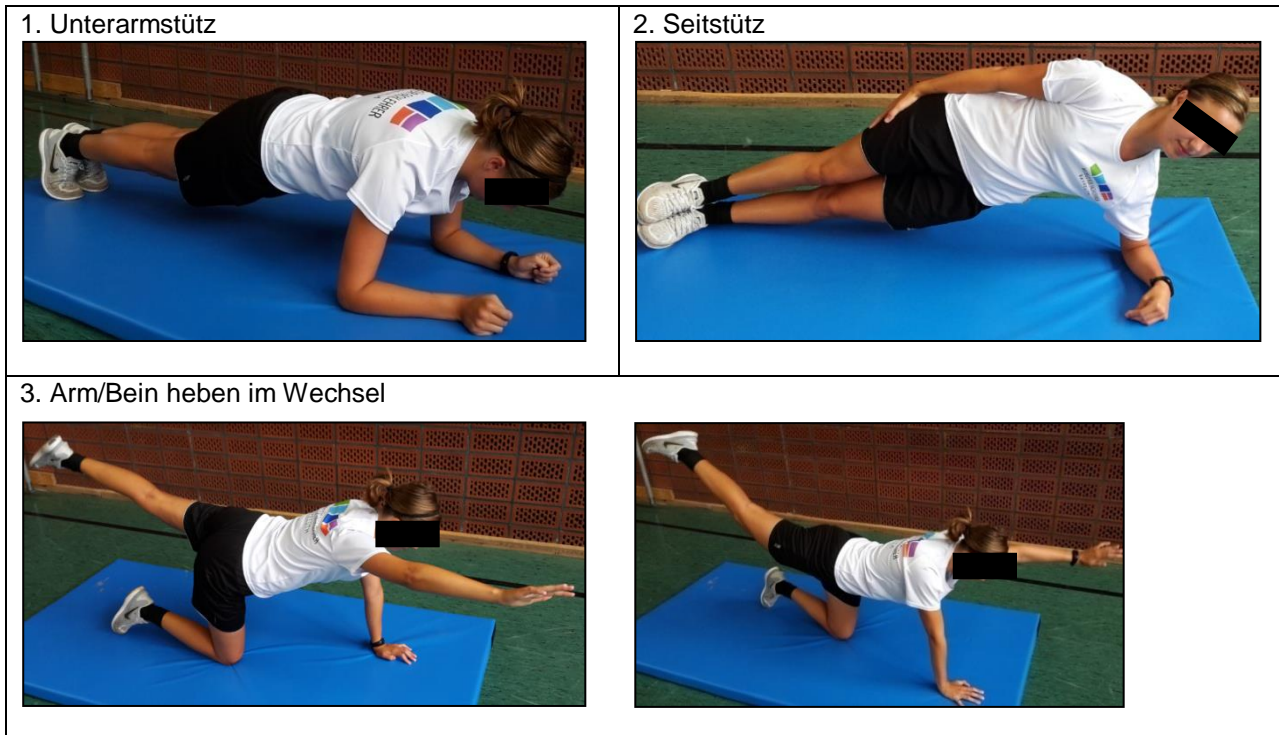
Tab. 8. Rumpfkraftausdauerintervention und Belastungszeit für jeweils eine Station für den Testzeitraum

Übungen	Woche 1-2	Woche 3-4	Woche 5	Woche 6 - 7	Woche 8 - 9
	Bel.zeit	Bel.zeit		Bel.zeit	Bel.zeit
1. Unterarmstütz	40 s	50 s	Herbstferien	50 s	60 s
2. Seitstütz	40 s	50 s		50 s	60 s
3. Arm/Bein heben	40 s	50 s		50 s	60 s
4. Flatterbeine	40 s	50 s		50 s	60 s
5. Kniebeuge	40 s	50 s		50 s	60 s
6. Sitzdrehung	40 s	50 s		50 s	60 s
7. Armheben	40 s	50 s		50 s	60 s

Bei diesem Kraftausdauerzirkel wurden die Übungen nacheinander durchgeführt, so dass im Idealfall jedes Kind den Zirkel in jeder Trainingseinheit dreimal durchläuft. Tabelle 8 beschreibt die Belastungszeiten für eine Station für TG1a-RK. Diese begann in den ersten beiden Wochen mit 40 Sekunden, erhöhte sich auf 50

Sekunden für die Wochen 3 bis 7 und steigerte sich auf 60 Sekunden für die letzten beiden Wochen. Eine progressive Steigerung bei der Belastung hat sich bereits bewährt (Morais et al., 2018). Man kann nicht davon ausgehen, dass die Kinder die genannten Übungen bereits beherrschen, so dass kindgerechte Erklärungen notwendig waren. Dafür nutzten die Trainer verbale Erklärungen, visuelle Demonstrationen (von älteren Schwimmern) sowie grafische Abbildungen (siehe Tab. 9), anhand derer die Positionen visualisiert wurden. Für die Übungen Kniebeuge und Sitzdrehung wurde je ein Medizinball (2 kg) verwendet.

Tab. 9. Rumpf-Kraftausdauerzirkel der Interventionsgruppe TG1a-RK (eigene Darstellung)



4. Flatterbeine



5. Kniebeuge



6. Sitzdrehung



7. Armheben



Folgende Rahmenrichtlinien wurde den Trainern für die zeitliche Gestaltung ausgehändigt, wobei dabei klar kommuniziert wurde, dass keine Trainingseinheit mit Kindern exakt auf die Minute planbar ist. Dieser Rahmen galt für beide Kraftausdauerinterventionen (TG1a-RK und TG1b-VK):

- Woche 1-2:

Belastungszeit/ Übung:	40 s
Wechselzeit:	20 s
Zeit / Station:	60 s
Zeit / Set:	420 s
Zeit für 3 Sets:	1260 s = 21 Min
Aufbau- u. Erklärzeit:	540 s = 9 Min

- Woche 3-4:
& Woche 6-7

Belastungszeit / Übung:	50 s
Wechselzeit:	20 s
Zeit / Station:	70 s
Zeit / Set:	490 s
Zeit für 3 Sets:	1470 s = 24,5 Min
Aufbau- u. Erklärzeit:	330 s = 5,5 Min

- Woche 8-9:

Belastungszeit / Übung:	60 s
Wechselzeit:	20 s
Zeit / Station:	80 s
Zeit / Set:	560 s
Zeit für 3 Sets:	1680 s = 28 Min
Aufbau- u. Erklärzeit:	180 s = 2 Min

Den Trainern wurde mitgeteilt, dass die Übungen zu Beginn genau in Form einer Demonstration erklärt werden müssen. Um diese Erklärung zu unterstützen, konnte die Bilderreihe als Zieltechnik an der Wand helfen. Ein akustisches Signal (Pfiff) sorgte für einen Stationswechsel.

5.1.2 Vortriebskraftgruppe (TG1b-VK)

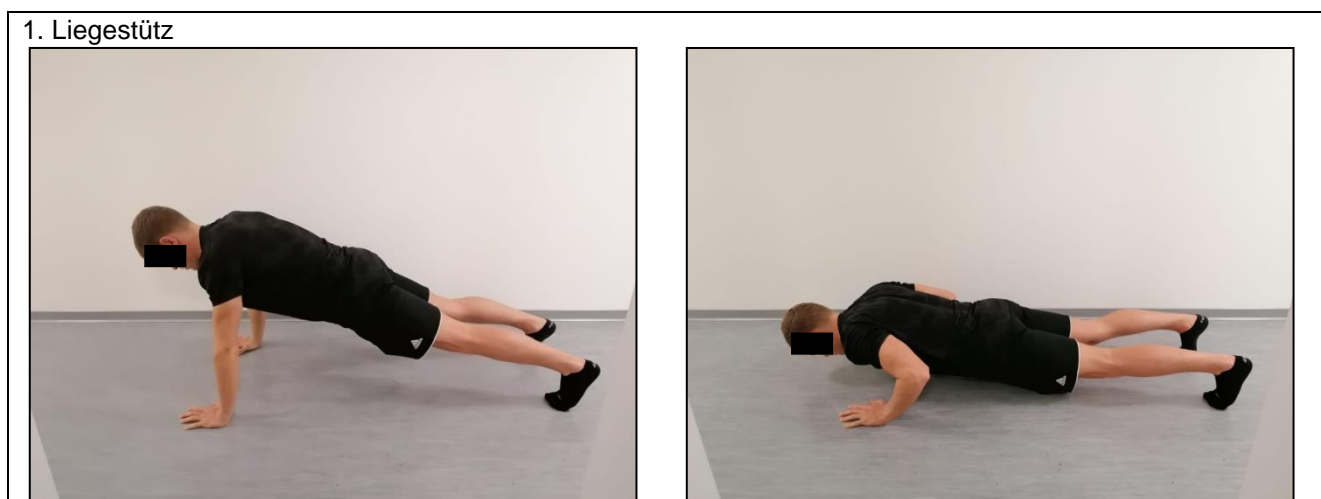
Diese Trainingsgruppe wurde neben dem standardisierten Techniktraining im Wasser einem Kraftausdauertraining der Vortriebsmuskulatur unterzogen. Dies diente der Kraftentwicklung der Extremitäten (Morais et al., 2018). Durch eine Steigerung der Kraft im Unterarm durch Flexion und Extension konnte die Schwimmleistung bereits in einer Studie belegt werden (Cochrane, Housh, Smith, Hill, Jenkins, Johnson, Joush, Schmidt & Cramer, 2015). Die Übungsauswahl und die Belastungszeiten für die Mesozyklen zeigt die Tabelle 10.

Tab. 10. Vortriebsmuskulatur-Kraftausdauerintervention, Belastungszeit für die Mesozyklen

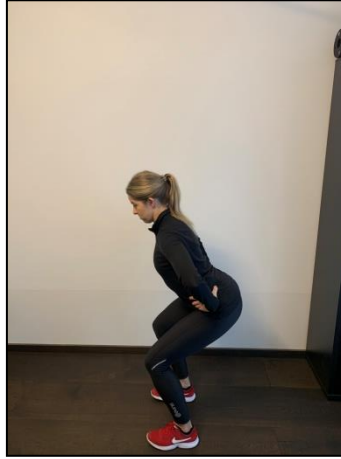
Übungen	Woche 1-2	Woche 3-4	Woche 5	Woche 6 - 7	Woche 8 - 9
	Bel.zeit	Bel.zeit		Bel.zeit	Bel.zeit
1. Liegestütz	40 s	50 s	Herbstferien	50 s	60 s
2. CMJ	40 s	50 s		50 s	60 s
3. Armrotation innen	40 s	50 s		50 s	60 s
4. Ellbogenbeugen	40 s	50 s		50 s	60 s
5. Armrotation außen	40 s	50 s		50 s	60 s
6. Ausfallschritt	40 s	50 s		50 s	60 s
7. Armheben	40 s	50 s		50 s	60 s

Dem Trainer wurden für die Erklärung der Kraftpositionen folgende Abbildungen ausgehändigt (Tab. 11).

Tab. 11. Vortriebsmuskulatur-Kraftausdauerzirkel der Interventionsgruppe TG1b-VK (eigene Darstellung)



2. CMJ



3. Armrotation (innen)



4. Armrotation (außen)



5. Ellbogenflexion (beide Seiten)



6. Ausfallschritt (beide Seiten)



7. Recovery (Armheber, Armstrecker) beide Seiten



5.1.3 Videofeedbackgruppe (TG2-VFB)

Da für das Videofeedbacktraining Kleingruppen von 3 bis 6 Personen empfohlen werden (siehe Kapitel 3.3), wurde die Gruppe in zwei Fünfergruppen (TG2-VFB_A, TG2-VFB_B, siehe Abb. 9) aufgeteilt. Dadurch konnte TG2-VFB_A zuerst das Techniktraining im Wasser durchlaufen und im Anschluss das Videofeedbacktraining. Die zweite Gruppe (TG2-VFB_B) startete mit dem Videofeedbacktraining und führte danach das Techniktraining im Wasser durch. Die beiden Untergruppen wurden statistisch nicht unterschieden und bildeten eine Gesamtgruppe Videofeedback (TG2-VFB). Der Ablauf des Videofeedbacktrainings ist durch die Abbildung 9 veranschaulicht. Die Athleten erhielten eine Videoinstruktion (VI) an Land über den Bildschirm eines Laptops. Darin wurde ein Expertenmodell verwendet, welches nachweislich bei Kindern bessere Effekte beim motorischen Lernen liefert, als gleichaltrige Modelle (Zetou et al., 1999). Es wurden dabei Kraulbewegungen über und unter Wasser, einmal in Normalgeschwindigkeit und zweimal in vierfacher Zeitlupe, gezeigt. Anschließend folgte die erste gefilmte Istwertpräsentation (I1). Es wurde aus sagittaler Perspektive gefilmt. Weitere bisher erprobte Aufnahmeperspektiven, wie die Spiegel- oder Subjektperspektive, konnten keine Berücksichtigung finden (Ste-Maire et al., 2010), da für das Schwimmen im Wasser eine für den Athleten optimale Sicht auf die Bewegung gewährleistet werden muss.

Innerhalb des Zeitfensters von 30 Sekunden musste das Kind aus dem Wasser steigen und zum Bildschirm gelangen, wo die Präsentation seiner Leistung stattfand (KR1 = knowledge of result 1). Dort erhielt es die Präsentation seiner eigenen Leistung, einmal in Normalgeschwindigkeit und zweimal in Zeitlupendarstellung. Dadurch wurde eine Aufmerksamkeitslenkung auf Schwachstellen ermöglicht. Den Kindern blieben 120 Sekunden, um sich auf die nächste Istwertpräsentation (I2) vorzubereiten. In den KR-Phasen wurde darauf geachtet, dass die Videos in Normalgeschwindigkeit und in Vierfachzeitlupe gezeigt wurden. Diese Methode hat sich bereits in einer anderen Studie als vorteilhaft für das Erlernen sportmotorischer Aufgaben bewährt (Janelle, Champenoy, Coombes & Mousseau, 2003).

Insgesamt konnten innerhalb des ca. 30-minütigen Zeitfensters zwei Durchgänge, also VI, I1, KR1, I2 und KR2 absolviert werden, das bedeutet eine Feedbackfrequenz von 50 Prozent.

5.1.4 Kontrollgruppe (KG)

Auch diese Gruppe führte das 30-minütige standardisierte Techniktraining im Wasser durch (vgl. Tab. 4). Im Anschluss folgte ein Schwimmtraining mit den Schwerpunkten Starts, Wenden, Gleiten, Grundschnelligkeit und Ausdauer innerhalb der nächsten 30 Minuten. Für jede 30 Minuten Einheit wurden zwei bis drei Übungen angesetzt. Die Übungen für das Techniktraining entstammen folgender Fachliteratur: Maglischo (2003), Schneider (2012), Wilke und Madsen (1997), Lucero (2010), Beck und Kollegen (2017) sowie Bissig und Gröbli (2004). Der Trainingsplan der KG-Gruppe kann aus der Tabelle 12 entnommen werden.

Diese Gruppe erhielt herkömmliches verbales Feedback zu ihrer Schwimmtechnik vom Trainer, was bereits in anderen Studien etabliert wurde (Zetou et al., 2014). Instruktionen bekamen die Kinder unmittelbar vor der Ausführung der Übung, bzw. das Feedback direkt nach der Übung, da Kinder eine niedrige Aufmerksamkeitsspanne aufweisen. Die Technikübungen sollten mit geringer Zugfrequenz und geringer Geschwindigkeit geschwommen werden (Havriluk, 2014).

Tab. 12. Trainingsplan der KG-Gruppe mit den Trainingsinhalten (Armzug unter Wasser, Armzug über Wasser, Beinschlag, Grundschnelligkeit, Starts, Wenden, Gleiten und Ausdauer)

Wochen	Einheiten	Schwerpunkte	Übungen
Eingangstest			
W1	E1	Armzug u. Wasser	1, 2, 3, 5
		Grundschnelligkeit	1, 2
	E2	Beinschlag	1, 2, 3
		Starts, Wenden, Gleiten	1, 2
W2	E3	Armzug ü. Wasser	1, 2, 3
		Ausdauer	1, 3
	E4	Beinschlag	1, 3, 4
		Starts, Wenden, Gleiten	2, 3
W3	E5	Armzug u. Wasser	1, 3, 4, 5
		Grundschnelligkeit	1, 2
	E6	Armzug ü. Wasser	1, 3, 4,
		Starts, Wenden, Gleiten	3, 4
W4	E7	Armzug u. Wasser	1, 2, 5
		Ausdauer	1, 2
	E8	Beinschlag	1, 2, 5
		Ausdauer	4, 5
Zwischentest			
W5	Herbstferien		
W6	E9	Armzug ü. Wasser	2, 3, 4
		Starts, Wenden, Gleiten	1, 5
	E10	Armzug u. Wasser	1, 3, 5
		Grundschnelligkeit	1, 4
W7	E11	Beinschlag	1, 4, 5
		Ausdauer	6, 7
	E12	Armzug u. Wasser	1, 2, 3
		Ausdauer	1, 2
W8	E13	Armzug ü. Wasser	2, 3, 4
		Starts, Wenden, Gleiten	1, 2
	E14	Beinschlag	1, 2, 3
		Grundschnelligkeit	1, 3
W9	E15	Armzug u. Wasser	1, 2, 3
		Grundschnelligkeit	1, 2, 3
	E16	Beinschlag	1, 2, 5
		Ausdauer	4, 7, 5
Ausgangstest			

Die Tabelle 13 beschreibt u.a. die Schwerpunkte Starts, Wenden und Gleiten der KG-Gruppe und verweist auf die zu schwimmenden Übungen. Nach jeder Übung, sollten die Athleten in ganzer Lage Kraul schwimmen. Gefordert wurden jeweils

kurze Strecken von maximal 100 m. Das Grundgerüst des Trainingsplans (Tab. 12), sowie die genauen Trainingspläne für die Schwerpunkte (Tab. 13 bis 15) wurden dem Trainer der Kontrollgruppe ausgehändigt. Für jeden der drei Schwerpunkte wird an dieser Stelle ein Beispiel beschrieben. Der vollständige Trainingsplan mit der Übungsbeschreibung kann aus Anlage 2 entnommen werden.

Tab. 13. Trainingsplan für den Schwerpunkt Starts, Wenden und Gleiten der KG-Gruppe

Starts/Wenden/Gleiten (30 Minuten)			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Start mit Startsignal Erklärung durch Athleten- präsentation für die Bewegungs- vorstellung Gala	Start, Unterwasserphase und schwimmen bis 10 m 2 x Kraul 2 x Brust Ganze Lage Kraul	4 x 10 m 2 x 50 m P10"	40 100

Tab. 14. Trainingsplan für den Schwerpunkt Grundschnelligkeit der KG-Gruppe, V_{max} = Maximale Schwimmgeschwindigkeit, P15" = 15 s Pause

Grundschnelligkeit (10-15 Minuten)			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. 10-15 m Kraul in ganzer Lage mit Startsprung und Startsignal (Pfiff)	10-15 m Kraul mit V_{max} und Start- sprung. Bei 15 m aus dem Be- cken und langsam zurück zum Start gehen!	7 x 15 m P15"	100
Variation zu 1. Gala	Start aus dem Wasser! Ganze Lage Kraul	7 x 15 m P15" 2 x 50 m P10"	100 100

Tab. 15. Trainingsplan für den Schwerpunkt Ausdauer der KG-Gruppe, P30" = 30 s Pause

Ausdauer (30 Minuten)			
Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Aerobe Ausdauer	Kraul mit moderater Ge- schwindigkeit	5 x 100 m P30"	500
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100

5.1.5 Kraftausdauer- und Technikgruppe (TG1-KA und TG2-T)

Im Rahmen dieser Untersuchung war es möglich, die vier Gruppen in je zwei Testgruppen zusammenzufassen. Dies kann sowohl aus statistischen als auch aus inhaltlichen Gründen Sinn ergeben.

Statistisch betrachtet, würden somit nicht 12, 12, 11 und 10 Probanden der vier Gruppen gegenüberstehen, sondern 23 und 22. Die angewendeten statistischen Verfahren sind robuster bei einer größeren Anzahl an Versuchspersonen.

Inhaltlich kann TG1b-VK und TG1a-RK durchaus zu TG1-KA zusammengefasst werden, da sie erstens beide ein Kraftausdauertraining durchführten und zweitens in beiden Treatments die Rumpfkraft angesprochen wird. Beispielsweise kann die Übung Liegestütz nicht ausschließlich der Vortriebsmuskulatur, also der Streckung der Arme, zugeordnet werden, da eine entsprechende Rumpfkraft die geradlinige Position aufrechterhält. Grundsätzlich können auch die beiden Technikgruppen (KG und TG2-VFB) zu TG2-T zusammengefasst werden, da sie ein standardisiertes

Wassertechniktraining durchführten und sich im zweiten Teil des Trainings lediglich durch die Art des Techniktrainings bzw. der Feedbackvariante unterschieden. Die beiden Technikgruppen führten daher ausschließlich ein Techniktraining im Wasser durch, wohingegen die Kraftausdauergruppen eine Kombination aus Land- und Wassertraining realisierten.

5.2 Stichprobe und Untersuchungsteilnehmer

Bei dieser Untersuchung nahmen insgesamt 45 Kinder (23 Mädchen, 22 Jungen) im Alter zwischen 7 und 10 Jahren ($\bar{x} = 8,59$, $SD = 0,80$) freiwillig und mit schriftlicher Einwilligung der Erziehungsberechtigten teil. Kinder, die mehr als eine Trainingseinheit versäumten, wurden aus dem Datensatz entfernt. Dadurch mussten zwei Probanden aus dem Datensatz gelöscht werden. Das Alter der Probanden für jede Versuchsgruppe wird durch Tabelle 16 dargestellt. Die TG2-VFB wies dabei die jüngsten, die KG-Gruppe die ältesten Kinder auf.

Tab. 16. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) in Jahren des Alters, Anzahl (N) und Geschlechterverteilung (♀ = weiblich, ♂ = männlich) der drei Interventionsgruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB) und der Kontrollgruppe (KG)

TG1a-RK N = 12 ♀ = 6, ♂ = 6		TG1b-VK N = 11 ♀ = 5, ♂ = 6		TG2-VFB N = 10 ♀ = 5, ♂ = 5		KG N = 12 ♀ = 7, ♂ = 5		Gesamt N = 45 ♀ = 23, ♂ = 22	
\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
8,60	0,81	8,40	0,78	8,23	0,87	9,13	0,72	8,59	0,80

Bei der Zuordnung der Kraftausdauer- (TG1a-RK, TG1b-VK) und Technikgruppe (TG2-VFB, KG) ergibt sich folgende Alters- und Geschlechterverteilung (Tab. 17).

Tab. 17. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) in Jahren des Alters, Anzahl (N) und Geschlechterverteilung (♀ = weiblich, ♂ = männlich) der Kraftausdauer- und der Technikgruppe

TG1-KA (TG1b-VK, TG1a-RK) N = 23 ♀ = 11, ♂ = 12		TG2-T (KG, TG2-VFB) N = 22 ♀ = 12, ♂ = 10	
\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
8,51	0,79	8,72	0,90

Zu Beginn der Untersuchung wurden Körperhöhe und -masse erhoben, welche aus Tabelle 18 für die vier Gruppen und aus Tabelle 19 für die zusammengefassten beiden Gruppen hervorgehen.

Tab. 18. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der Probanden aller vier Gruppen (KG, TG1a-RK, TG1b-VK und TG2-VFB) zum ersten Messzeitpunkt (W1)

	TG1a-RK N = 12 ♀ = 6, ♂ = 6		TG1b-VK N = 11 ♀ = 5, ♂ = 6		TG2-VFB N = 10 ♀ = 5, ♂ = 5		KG N = 12 ♀ = 7, ♂ = 5	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe W1	133,67	9,25	133,18	6,09	129,98	6,53	140,58	7,15
Körpermasse W1	30,63	4,91	29,30	6,14	27,10	4,29	33,93	6,08

Tab. 19. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und Körpermasse in kg der Probanden der TG1-KA- und TG2-T-Gruppe zum ersten Messzeitpunkt (W1)

	TG1-KA N = 23 ♀ = 11, ♂ = 12		TG2-T N = 22 ♀ = 12, ♂ = 10	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe W1	133,43	7,73	135,76	8,62
Körpermasse W1	30,00	5,45	30,82	6,27

5.3 Testzeitraum

Insgesamt wurden drei Tests (Eingangstest, Zwischen- und Ausgangstest) innerhalb von 10 Wochen durchgeführt (Abb. 10). Nach einer zweiwöchigen Probandenakquirierung vom 14.09.2018 bis zum 28.09.2018 mittels Elternbrief (Anlage 3) begann der Eingangstest 2 Wochen nach dem Ende der bayerischen Sommerferien. Somit konnte eine annähernd gleiche Ausgangssituation für die Probanden geschaffen werden, da keiner der Vereine in den Sommerferien trainiert hatte. Nach 4 Wochen Intervention folgte der Zwischentest und im Anschluss eine einwöchige Pause - die bayerischen Herbstferien - in denen nicht trainiert wurde (Abb. 10). Nach den Herbstferien schloss sich der zweite 4-wöchige Interventionszeitraum an, so dass der Ausgangstest 9 Wochen nach dem Eingangstest stattfinden konnte. Getestet wurde immer in den bekannten Trainingsstätten am Nachmittag zwischen 15.30 und 18.00 Uhr.

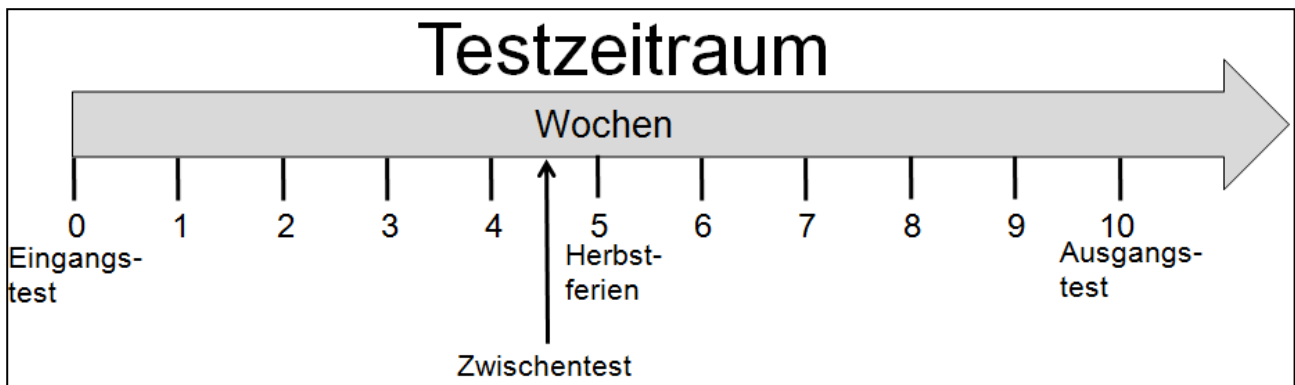


Abb. 10. Testzeitraum in Wochen mit dem Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstest

5.4 Datenerhebung (Testverfahren)

Die folgende Auflistung zeigt die Tests, welche zu Beginn, nach 4 Wochen und nach 9 Wochen durchgeführt wurden:

1. Messung der anthropometrischen Daten (Körperhöhe, Körpermasse)
2. 6-Sekunden Tethered Swimming
3. 25 m Kraul Technik
4. 25 m Kraulzeit
5. Sprunghöhe beim Counter Movement Jump
6. Wurfkraft beim Medizinballstoß
7. Rumpfkraft beim Unterarmstütz (Plank Test)

Es wurde bei der Reihenfolge der Tests darauf geachtet, dass mögliche Ermüdungseffekte so gering wie möglich gehalten wurden. So spielen sich die ersten drei Tests im alaktaziden Bereich ab und sollten daher die 25 m Kraulzeit nicht negativ beeinflussen. Nach einer 5-minütigen Pause folgten die Krafttests Nr. 5 bis 7 an Land.

5.4.1 Messung der anthropometrischen Daten

Um Wachstumsprozesse bei den Kindern identifizieren zu können, wurden Körpergröße und Körpermasse bei allen drei Tests erhoben. Zu allen drei Testwellenzeitpunkten (W1 bis W3) registrierte man mit einem Metermaß an der Wand die Körpergröße in Zentimetern (im Folgenden: cm) mit zwei Dezimalen (Abb. 12). Des Weiteren wurde die Körpermasse – gemessen in Kilogramm (im Folgenden: kg) – mit einer Waage der Firma Koch (Modell: 692/1001292) für W1, W2 und W3 erhoben (Abb. 11).

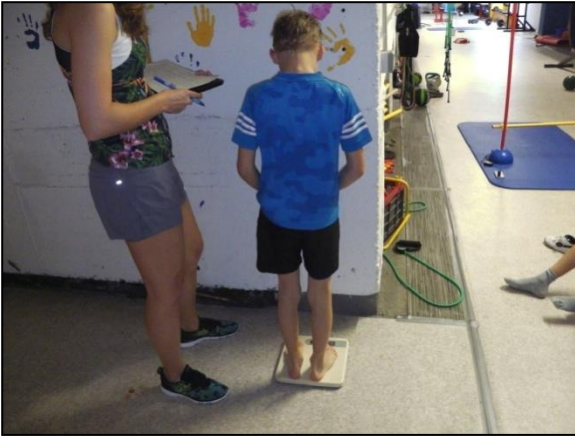


Abb. 11. Messung der Körpermasse



Abb. 12. Messung der Körpergröße

5.4.2 Tethered Swimming Test zur Abbildung der Schwimmkraft

Tethered Swimming ist eine vielfach eingesetzte, reliable und valide Methode, um die Kraftverläufe beim Kraulschwimmen zu bewerten (Goldfuss & Nelson 1971; Taylor, MacLaren, Stratton & Lees, 2003; Hopper, Hadley, Piva & Bambauer, 1983; Bollens, Annemans, Vaes & Clarys, 1988; Formitchenko, 1999; Cabri, Annemans, Clarys, Bollens & Publie, 1988; Costill et al., 1983; Amaro et al., 2014; Rohrs, Mayhew, Arabas & Shelton, 1990; Kjendlie & Thorsvald, 2006; Toubekis, Gourgoulis & Tokmakidis, 2010; Morouço, Barbosa, Arellano & Vilas-Boas, 2018), kraftmäßige Ungleichheiten zwischen beiden Armen zu bestimmen (dos Santos, Barauce Bento, Pereira, Payton & Rodacki, 2017; Morouço, Marinho, Fernandes & Marques, 2011c; Costill et al., 1983; Toubekis et al., 2010) oder um die Schwimmtechnik zu bewerten (Hohmann, Fehr & Fankel, 2010; Hohmann, Neumann & Fankel, 2018; Soncin, Mezêncio, Ferreira, Rodrigues, Huebner, Serrão & Szmuchrowski, 2017; Rouard, Aujouannet, Hintzi & Bonifazi, 2006).

Diese Messmethode wurde in den letzten 50 Jahren sehr oft benutzt, um einen Zusammenhang zwischen der mittleren Kraft beim Tethered Swimming und der Schwimgeschwindigkeit über kurze Distanzen herzustellen (Yeater, Martin, White & Gilson, 1981, Keskinen, Tilli & Komi, 1989, Dopsaj, Matkovic & Zdravkovic, 2000, Christensen & Smith, 1987, Formitchenko, 1999, Kjendlie & Thorsvald, 2006, Morouço, Keskinen, Vilas-Boas & Fernandes, 2011a, Dopsaj, Matkovic, Thanopoulos, Okicic, 2003b). Auch die 200 m Leistung – wenn auch gering – korrelierte ($r = -0,55$) mit der maximalen Kraftentwicklung beim Tethered Swimming (dos Santos et al., 2017). Gemeinsamkeiten zwischen dem Tethered Swimming und dem freien Schwimmen ergaben sich für die eingesetzten Muskelgruppen (Bollens et al., 1988), die gemessene Sauerstoffaufnahme (Lavoie & Monpetit, 1986), biomecha-

nische- (wie die Zuglänge) und physiologische Parameter (Blutlaktatwerte) (Morouço, Marinho, Keskinen, Badillo & Marques, 2014b; Morouço et al., 2018). Obwohl aus kinematischer Sicht Unterschiede zwischen dem Tethered Swimming und dem freien Schwimmen erkennbar waren (Maglischo, Maglischo, Sharp, Zier & Katz, 1984; Psycharakis, Paradisis, Zacharogiannis & Elias, 2011; Adams, Martin, Yeater & Gilson, 1983; Kjendlie & Thorsvald, 2006), wird angenommen, dass die Kraft zur Überwindung der Wasserwiderstände bei beiden Schwimmmarten identisch ist (Dopsaj et al., 2000; 2003b; Morouço, Marinho, & Marques, 2014a; Bollens et al., 1988).

Mehrere Studien haben unterschiedliche Aspekte der Kraftproduktion gemessen: Mittlere Kraft (Ria, Falgariette & Robert, 1990; Taylor et al., 2003; Morouço et al., 2011a), mittlere maximale Kraft (Yeater et al., 1981; Formitchenko, 1999), die maximale Kraft (Christensen & Smith 1987; Keskinen et al., 1989; Loturco, Barbosa, Nocentini, Pereira, Kobal, Kitamura, Abad, Figueiredo & Nakamura, 2016), den Kraftimpuls (Dopsaj et al., 2000; 2003b; Morouço et al., 2014b; Morouço et al., 2018) und den Ermüdungsindex (Morouço et al., 2012). Das Tethered Swimming offenbart grundsätzlich Rückschlüsse auf die aerobe (Pessôa-Filho & Denadai, 2008) und die anaerobe Leistung des Schwimmers (Papoti, da Silva, Araujo, Santiago, Martins, Cunha & Gobatto, 2013, Ogonowska, Hübner-Woźniak, Kosmol & Gromisz, 2009; Morouço et al., 2012, Taylor et al., 2003). Eine Studie zeigte, dass nahezu alle Kraftkomponenten beim Tethered Swimming mit der Schwimmleistung auf 50 m hochsignifikant korrelieren (vgl. Tab. 20), auf die 100 m Strecke nur die mittlere- und maximale Kraft (Loturco et al., 2016).

Tab. 20. Korrelationen zwischen den Tethered Swimming Variablen und der 50 m, 100 m und 200 m Schwimmleistung (F_{AVG} = Average Force; F_{PEAK} = Peak Force, IMP = Impulse; RFD = Rate of Force Development, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, nach Loturco et al., 2016, S. 214)

Tethered Swimming Variablen	50 m	100 m	200 m
F_{PEAK}	-0,82**	-0,74**	-0,35
F_{AVG}	-0,85**	-0,67*	-0,18
RFD	-0,72**	-0,61	-0,33
IMP	-0,76**	-0,51	-0,05

Diese unterschiedlichen Ausrichtungen führen zu einer kontroversen Diskussion, welche Schwimmkraft die Schwimmleistung am besten abbildet. Eine genauere Betrachtung dieses Sachverhalts würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, sie kann jedoch bei folgenden Studien vertieft werden (Dopsaj et al., 2000; Morouço et al., 2014b; Loturco et al., 2016).

Bei der Recherche zum Thema Tethered Swimming fiel auf, dass sich die Publikationen insbesondere durch das Leistungsniveau und durch das Alter der Athleten aber auch durch die geschwommenen Distanzen unterscheiden (Yeater et al., 1981, Morouço et al., 2011a). Zudem erschweren zwei Punkte die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Erstens kommen bis heute weltweit unterschiedliche Tethered

Swimming Geräte zum Einsatz und zweitens existiert nur eine geringe Studienanzahl mit vorpubertären Probanden im Bereich Tethered Swimming und Schwimmleistung oder Schwimmtechnik (Douda et al., 2010), weshalb sich das Forschungsinteresse in diesem Bereich für diese Altersklasse unbedingt steigern sollte.

Im Laufe der Jahre hat man immer wieder versucht, zur Steigerung der Schwimmkraft ein spezifisches Krafttraining im Wasser zu entwickeln, da das herkömmliche Krafttraining an Land die Schwimmtechnik nicht eins zu eins abzubilden vermochte (Shoulberg, 2012; Schleihauf, 1983) und somit nicht die gewünschten Effekte für die Schwimmleistung erbrachte. Um die Schwimmkraft durch imitierte oder direkt im Wasser gesteigerte Widerstandsverläufe zu verbessern, band man die Schwimmer am Beckenrand fest, welches in Form von Tethered- (Bollens et al., 1988; Cabri et al., 1988) und Semi-tethered Swimming (Wirtz, Bieder, Wilke & Klauck, 1999; Shimonagata, Taguchi & Miura, 2003; Swaine & Doyle, 1999; Costill, Rayfield, Kirwan & Thomas, 1986; Goldfuss & Nelson 1971; Llana, Tella, Benavent & Brizuela, 2002) realisiert wurde, bzw. ließ die Schwimmer eine Schüssel oder einen Eimer während des Schwimmens an einem Seil hinter sich herziehen (Mavridis, Kabitsis, Gourgoulis & Toubekis, 2006, Shoulberg, 2012). Auch wenn das Tethered Swimming in dieser Erhebung als Testmethode zum Einsatz kam, so kann es außerdem auch als Trainingsmethode Verwendung finden (Girolid et al., 2007; Girolid, Calmels, Maurin, Milhau & Chatard, 2006). Eine Studie verglich verschiedene Interventionsgruppen: Krafttrainingsgruppe an Land, spezifische Kraftgruppe im Wasser (assisted-resisted Gruppe) und eine Kontrollgruppe (Girolid, et al., 2007). Das assisted-resisted Training beinhaltet das herkömmliche Tethered Swimming (resisted) und das assisted Training, bei dem der Schwimmer während des Sprints in die Schwimmrichtung gezogen wird (Girolid, et al., 2007). Sowohl die Kraftgruppe an Land ($2,8 \pm 2,5\%$), als auch die spezifische Wassergruppe ($2,3 \pm 1,3\%$) verbesserten ihre Schwimmzeiten signifikant auf 50 m im Vergleich zur Kontrollgruppe ($0,9 \pm 1,2\%$) (Girolid et al., 2007). Man ging davon aus, dass die Leistungsverbesserung der Trockentrainingsgruppe durch eine Kraftsteigerung zu erklären sei, wohingegen die resisted-assisted Gruppe technische Komponenten verbesserte (Erhöhung der Zugfrequenz, Verringerung der Zugtiefe) (Girolid et al., 2007; Aspenes & Karlsen, 2012).

Prinzipiell gilt als unbestritten, dass ein spezifisches Krafttraining im Wasser dem herkömmlichen Schwimmen eher gleicht als ein Trockentraining an Land (Sanders & McCabe, 2015). Aber für das spezifische Wassertraining wird zum Teil eine Reihe von Equipment, wie Gummiseile (Tethered und Semi-tethered Swimming) oder Widerstandsgürtel etc. benötigt, welche nicht jeder Trainer zur Verfügung hat und schon gar nicht in den Kindergrößen (Garrido, Marinho, Barbosa, Costa, Silva, Pérez-Tupin & Marques, 2010b). Allerdings hat sich bei jugendlichen Schwimmern ($16,27 \pm 0,7$ J) ein spezielles Kraftausdauertraining im Wasser in Form von vertikalen Kraulbeinschlägen ohne Equipment über einen 5-monatigen Zeitraum bewährt (Mandzak, Mandzakova & Pavlikova, 2020). Dieses verbesserte die 50 m Kraulleistung deutlich im Vergleich zur Kontrollgruppe (Mandzak et al., 2020).

Das Tethered Swimming bildet die Schwimmkraft des Athleten ab, welche er auf das Wasser überträgt. Bei diesem Test schwimmt der Athlet auf der Stelle, da er mit einem Gürtel und einem Stahlseil an einem Kraftmesser befestigt ist (Cabri et al., 1988; Goldfuss & Nelson, 1971; Hohmann et al., 2018). Abbildung 13 zeigt das Tethered Swimming mit dem Stahlseil.

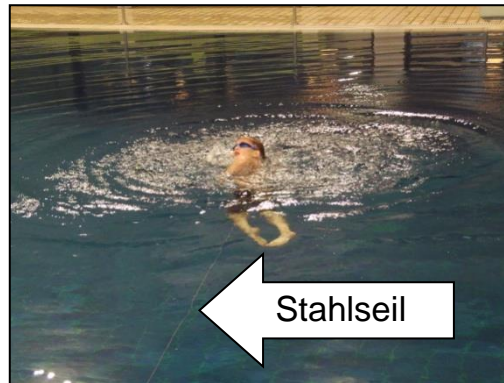


Abb. 13. Schwimmer während des Tethered Swimming

Zu Beginn der Tests im Wasser (Tethered Swimming, Technikvideo und 25 m Kraultest) absolvierten die Kinder ein standardisiertes Aufwärmprogramm im Wasser (Einschwimmen: 150 m). Das für diese Untersuchung verwendete Tethered Swimming Equipment wurde in der Ingenieurswerkstatt der Universität Bayreuth entwickelt und ist Bestandteil des Labors für Trainings- und Bewegungswissenschaften der Universität Bayreuth. Abbildung 14 bis 18 zeigen die Einzelteile des Equipments sowie die Versuchspersonen und den Testleiter. Die Tethered Swimming Geräte bestehen aus einem Gürtel (Abb. 16), einem 5 m langen Stahlseil (Abb. 13), einer Messdose mit Dehnmessstreifen (Abb. 14), einem A/D Wandler, einem Netzteil (Abb. 15) sowie einem Laptop mit der Software Dasy Lap 9 (Abb. 18).



Abb. 14. Messdose mit Karabiner



Abb. 15. Netzteil (links) und A/D Wandler (rechts)

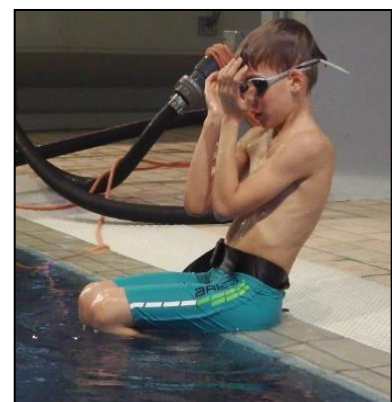


Abb. 16. Schwimmer mit Gürtel

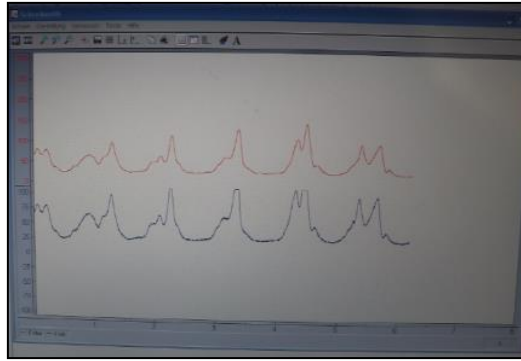


Abb. 17. Kraftzeitkurve beim Schwimmtest (6 s)



Abb. 18. Testleiter, Schwimmer und Laptop

Funktionsweise des Tethered Swimming Equipments:

Wie in Abbildung 16 zu sehen ist, trägt der Schwimmer den Gurt um die Hüfte und ist mit dem Stahlseil an Land befestigt. Der Athlet schwimmt auf der Stelle und seine Zugkraft wird über ein Seil und eine reibungsfreie Umlenkung auf einen Membranmesskörper aufgebracht. Die Membran ist mit einem System zur analogen Spannungsmessung gekoppelt. Eine Verformung des Membrankörpers induziert eine kraftproportionale Spannungsänderung an einem Dehnungsmessstreifen. Die Spannungsänderung wird mit einer Abtastrate von 1 kHz erfasst, das heißt, es werden 1000 Messpunkte pro Sekunde registriert. Für die Datenverarbeitung erfolgt die Spannungswandlung über einen A/D-Wandler mit dem Umrechnungsfaktor $1 \text{ V (Volt)} = 500 \text{ N (Newton)}$. Abbildung 19 zeigt die schematische Darstellung des Tethered Swimming Equipments.

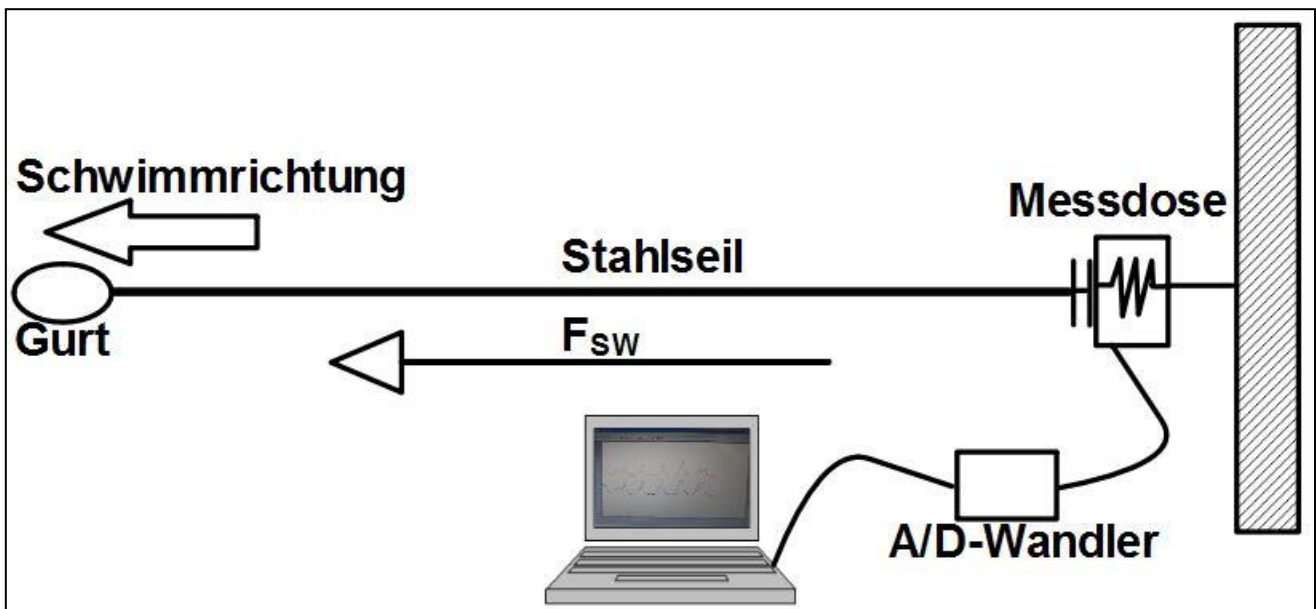


Abb. 19. Schematische Darstellung des Tethered Swimming Equipments (F_{sw} = Schwimmkraft)

Jeder Proband absolvierte zu jedem Testzeitpunkt einen unprotokollierten Probedurchgang und zwei protokollierte Versuche von jeweils sechs Sekunden mit dazwischen liegender Pause von 30 s. Der Versuch begann bei gespanntem Stahlseil durch einen kurzen Pfiff und endete durch einen langen Pfiff. Im selben Zeitraum registrierte der Laptop die Kraftwerte. Beide Versuche sind als Maximalkrafttests im Wasser zu definieren, so dass die Athleten innerhalb der sechs Sekunden so explosiv wie möglich in der Kraullage schwimmen sollten. Der Mittelwert beider Messungen kam ins Protokoll und damit in die Statistik.

5.4.3 Kraultechnik auf 25 m

Bezogen auf das Schwimmen-Lernen (Anzahl der benötigten Stunden bis zum Schwimmen, Zeitdauer bis zum Schwimmen) unterschieden sich vorpubertäre Mädchen und Jungen nicht signifikant (Blanksby et al., 1995), was die geschlechtsunabhängig Betrachtung der Daten auch in dieser Variable unterstützte.

Um die Kraultechnik beurteilen zu können wurden Unterwasseraufnahmen genutzt. Zu allen drei Messzeitpunkten kam eine Unterwasserkamera (Panasonic HX WA20, 16 Megapixel) aus sagittaler Position zum Einsatz, so dass der Testleiter 25 m Kraul der Probanden filmen konnte (Abb. 20 und 21).

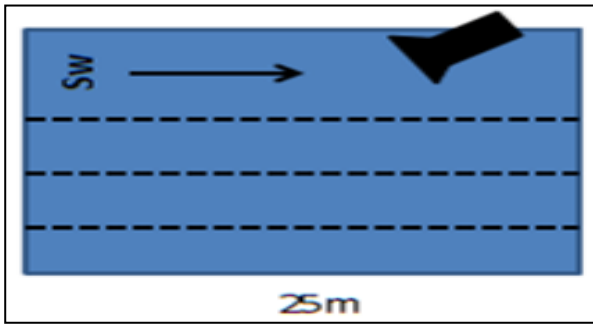


Abb. 20. Kameraperspektive für die Unterwasserkamera

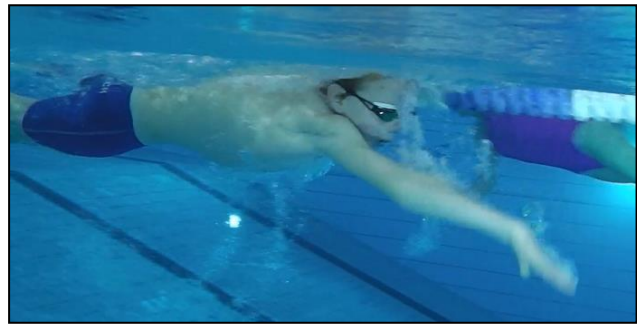


Abb. 21. Beispiel eines 9-jährigen Schwimmers beim Videotest





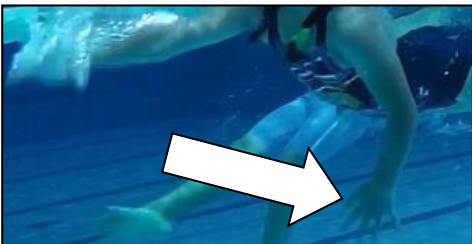
Um eine möglichst objektive Beurteilung der Schwimmtechnik zu gewährleisten, kam eine Beobachtung mit Hilfe eines standardisierten Beobachtungsbogens (Tab. 21) zum Einsatz. Jedes der Videos wurde je zwei lizenzierten (A, B oder C) Trainern präsentiert. Diese bekamen je drei Videos der Probanden zur Beurteilung zu sehen. Keiner der Trainer kannte die ihm gezeigten Schwimmerinnen und Schwimmer. Außerdem war ihnen nicht bekannt, zu welchen Messzeitpunkten (W1, W2 oder W3) die Videos entstanden sind. Mithilfe des standardisierten Fehlerbildkatalogs (Tab. 21 und 22) wurde eine Techniknote aus dem arithmetischen Mittel der beiden Trainerbewertungen gebildet und anschließend gruppenweise gemittelt. Der Fehlerbildkatalog, bzw. die technischen Kriterien des Kraulschwimmens wurden aus folgender Literatur (Ungerechts, Volck & Freitag, 2009; Schneider, 2012; Reischle, 1988; Chollet, 2018; Arellano, Lopez-Contreras & Sanchez-Molina, 2003) entnommen und für die Altersklasse dieser Probanden angepasst.

Techniknote und Punktesystem




Das folgende Punktesystem orientiert sich an Reischle (1988). Es wurde berücksichtigt, dass der Vortrieb beim Kraulschwimmen durch die Armarbeit dominiert wird. Für die Atmung und den Beinschlag können maximal je 2 Punkte erzielt werden. Bei der Armbewegung können pro Fehlerbild maximal 4 Punkte erreicht werden, bei dem Beinschlag und der Atmung pro Fehlerbild maximal 2 Punkte.

- Der Athlet zeigt das Fehlerbild nicht ; 4 Punkte.
- Der Athlet zeigt das Fehlerbild bei jedem Zyklus ; 0 Punkte.
- Der Athlet zeigt das Fehlerbild nur bei **einzelnen** Zyklen ; so können je nach Fehlerhäufigkeit und Ausmaß des Fehlers 1 bis 3 Punkte erzielt werden.

Tab. 21. Fehlerbildkatalog der Armbewegung (Teil 1) für die Trainerbefragung (verändert nach Reischle, 1988, alle Abbildung des Katalogs stammen aus eigener Darstellung)

Fehlerbild Armbewegung	Proband	Punkte				
		0	1	2	3	4
<p>1. Nach dem Eintauchen sofortiger Abwärtszug (Luftblasenbildung).</p> 						
<p>2. Die Hand taucht vor dem Kopf ein.</p> 						
<p>3. Der Ellbogen taucht vor der Hand ins Wasser oder der gestreckte Arm schlägt aufs Wasser.</p> 						
<p>4. Abfallender Ellbogen nach dem Eintauchen.</p> 						
<p>5. Die Finger sind weit geöffnet.</p> 						

Tab. 22. Fehlerbildkatalog der Beinbewegung und der Atmung (Teil 2) für die Trainerbefragung (verändert nach Reischle, 1988, alle Abbildung des Katalogs stammen aus eigener Darstellung)

Fehlerbild		Probant	0	1	2	
Beinbewegung						
1. Die Fußspitzen werden stark zum Schienbein angezogen.						
2. Die Beine wirken fixiert (starr).						
3. Die Beinaktion bleibt auf das Schlagen mit den Unterschenkeln bechränkt.						
4. Die Beinbewegung ist wenig kraftvoll.						
Ein- und Ausatmung						
1. Der Kopf wird nach vorne zum Atmen gehoben.						
2. Der Kopf wird zu weit gedreht (Überdrehung). ; zu starke Körperdrehung						
		Gesamtpunktzahl: Σ der Einzelpunkte				

5.4.4 Kraulleistung 25 m

Zu allen drei Messzeitpunkten führten die Probanden einen 25 m Kraultest in einem 25 m Becken durch. Gestartet wurde aus einer standardisierten Position im Wasser (eine Hand am Beckenrand, eine Hand im Wasser in Schwimmrichtung, Füße an der Beckenwand) nach dem gängigen und ihnen bekannten Startsignal der Wettkampfbestimmungen. Die dabei erzielten Zeiten wurden handgestoppt (Stoppuhr Modell: Delta der Firma Sport-Thieme), wobei jede Versuchsperson einzeln schwimmen musste. Die jeweiligen Gruppen absolvierten ihre Kraultests in ihrem bekannten Vereinsbecken.

5.4.5 Sprungleistung beim Counter Movement Jump

Für die Sprungkraft wurde der Counter Movement Jump verwendet, da vorpubertäre Kinder in dieser Sprungart bessere Sprunghöhen erreichen als bei-

spielsweise im Drop Jump oder im Squat Jump (Birat, Sebillaud, Bourdier, Doré, Duché, Blazeovich, Patikas & Ratel, 2019).

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Sprunghöhe des Counter Movement Jumps zu allen drei Messzeitpunkten mithilfe einer Kontaktmatte für Tapping (Abb. 22) und Sprungkraftdiagnostik der Firma Sport Voss/Doberschütz ermittelt.

Bei dieser Sprungkraftdiagnostik ist die Ausführungstechnik besonders wichtig, da die Kontaktmatte die Flughöhe aus der Flugzeit berechnet (Gl. 1, Gl. 2). Sollte ein Athlet beispielsweise beim Sprung die Unterschenkel anziehen, würde dies die Flugzeit verlängern und damit die Flughöhe verfälschen. Dies führt zu einer Verlängerung der Flugzeit und damit zu einer größeren potentiellen Flughöhe. Auch wenn ein Kind nicht vertikal nach oben springt, sondern beispielsweise nach vorne oder hinten, verfälscht dieser Sprung die tatsächliche Flughöhe. Auch in diesem Fall musste der Sprung wiederholt werden. Insbesondere die Start- und Landeposition der Füße müssen eingehalten werden (in der Mitte der schwarzen Kontaktflächen). Stand ein Kind zu nah an der blauen Mittelmarkierung, so war der Anfangswert nicht korrekt ausgegeben und es konnte keine Flughöhe gemessen werden. Der Sprung wurde in diesem Fall wiederholt.

Die folgende Gleichung 1 beschreibt den freien Fall eines Objektes aus einer bestimmten Höhe.

Gl. 1. Berechnung des freien Falls aus einer bestimmten Höhe (h: Fallstrecke in Meter, g: Erdbeschleunigung in Meter pro Sekunde-Quadrat (9,81 m/s²), t: Flugzeit in Sekunden)

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (1)$$

Lässt man z.B. einen Stein von einem Haus fallen, kann man - durch Stoppen der Zeit bis zur Landung auf dem Boden - die Höhe, aus der der Stein gefallen ist berechnen. Da wir beim Counter Movement Jump aber eine aufsteigende Phase und eine absteigende (Fall-) Phase haben, halbiert man die Flugzeit beim Sprung.

Gl. 2. Berechnung des freien Falls aus einer bestimmten Höhe (h: Fallstrecke in Meter, g: Erdbeschleunigung in Meter pro Sekunde-Quadrat (9,81 m/s²), t: Flugzeit)

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{t^2}{2} \quad (2)$$

In diesem Fall berechnet man aus der mit Hilfe der Tappingmatte bestimmten Flugzeit gemäß Gleichung 2 die gesprungene Flughöhe im Counter Movement Jump. Dieser Sprung dient der Messung des Kraftniveaus der Sprungmuskulatur.

Die Kinder erhielten eine Technikdemonstration sowie eine Erklärung. Anschließend wurden ihnen zwei Probesprünge gestattet. Sollte ein Athlet den Sprung mit falscher Technik ausgeführt haben, musste der Sprung wiederholt werden. Insgesamt wurden zu jedem Messzeitpunkt drei Sprünge in Form eines Counter Movement Jumps gefordert.

Die Athleten befanden sich auf der Kontaktmatte und starteten den Sprung mit einer Ausholbewegung (Abb. 22), wobei die Hände dabei an der Hüfte positioniert

waren. Das Beugen der Sprung-, Knie und Hüftgelenke beschreibt die Ausholbewegung (Tiefgehen). Das Tiefgehen wird abgebremst und geht in eine flüssige Hochbewegung über, was durch die Streckung der Sprung-, Knie- und Hüftgelenke charakterisiert ist (Abb. 23). Die explosive Streckung der Gelenke führt dazu, dass der Athlet am Ende der Streckung vom Boden abhebt (Flugphase).



Abb. 22. Ausholbewegung des Athleten auf der Kontaktmatte

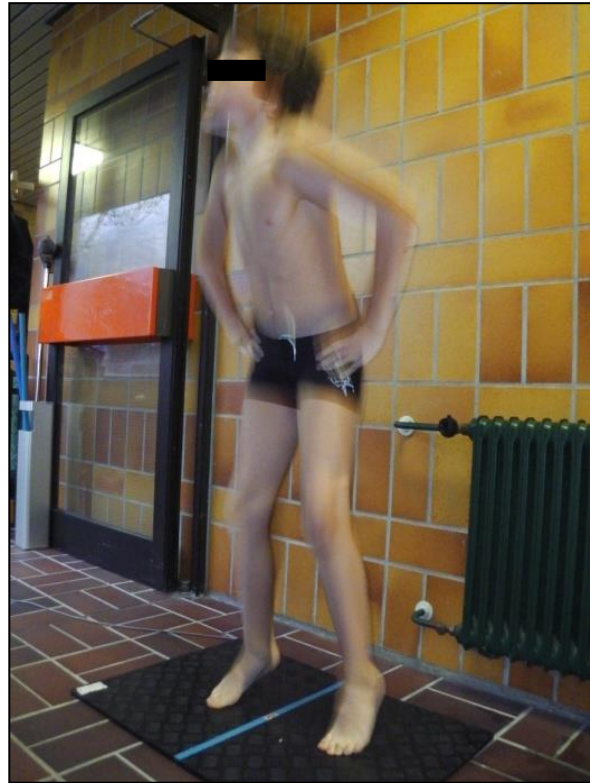


Abb. 23. Sprungbewegung des Athleten

5.4.6 Wurfleistung beim Medizinballstoß

Der Medizinballstoß aus einer Sitzposition hat sich als reliabler und valider Test etabliert, um die Oberkörperkraft von Kindern und Erwachsenen zu messen und wurde bereits vielfach erprobt (Faigenbaum, 2005; Davis, Kang, Boswell, DuBose, Altman & Binkley, 2008; Salonia, Chu, Cheifetz & Freidhoff, 2004; Duncan, Jones, O'Brien, Barnett & Eyre, 2018; Harries, Wattles, De Beliso, Sevene-Adams, Berning & Adams, 2011; Adams, Swank, Barnard, Berning & Sevene-Adams, 2000; Mayhew, Bembem, Piper, Ware, Rohrs & Bembem, 1993; Clemons, Campbell & Jeansonne, 2010; Stockbrugger & Haennel, 2001; Van den Tillaar & Marques, 2011). Manche Studien analysierten jedoch nicht die Wurfweite, sondern die Wurfgeschwindigkeit (Van den Tillaar & Marques, 2011; Morais et al., 2018).

Um die Armstreckkraft (im Rahmen dieser Arbeit auch als Wurfkraft bezeichnet) messen zu können, führten die Kinder einen Medizinballstoß aus dem Sitzen aus (Abb. 24). Aus der standardisierten Sitzposition stießen die Probanden einen 1 kg schweren Medizinball so weit sie konnten (vgl. Duncan et al., 2018). Beide Hände

befanden sich seitlich am Ball bei gehobenen Ellenbogen. Aus dieser Position folgten die Streckung der Ellbogen-, Hand- und Fingergelenke und damit der Abwurf des Medizinballs. Alle Athleten mussten drei Würfe bei jedem Messzeitpunkt durchführen, wobei zu Beginn immer zwei Übungswürfe gestattet waren. Gemessen wurde der Wurf am Boden mithilfe eines ausgelegten Maßbandes. Ziel war es, gerade zu stoßen, so dass der Ball im Idealfall auf dem Maßband landet. Warf ein Athlet zu weit links oder rechts, musste der Versuch wiederholt werden. Auch wenn ein Athlet mit den Fingern am Ball abrutschte oder in die vertikale Richtung stieß, folgte eine Versuchswiederholung.



Abb. 24. Startposition beim Medizinballstoß

5.4.7 Rumpfkraftleistung beim Unterarmstütz

Der Unterarmstütz repräsentiert die Rumpfkraft eines Athleten und wurde im Rahmen dieser Studie als dritter Krafttest etabliert. Die Startposition ist der Abbildung 25 zu entnehmen. Gemessen wurde die Zeit, die ein Kind in dieser Position aushalten konnte. Die Halteposition wurde durch eine Hürde (Abb. 25) überprüft, so dass ein dauerhafter Kontakt mit der Stange gewährleistet werden musste. Gab ein Kind den Kontakt zur Stange ermüdungsbedingt auf, erhielt es ein Warnsignal. Die Standardübung wurde durch eine weitere Vorgabe erschwert. Die Kinder mussten abwechselnd das rechte und linke Bein in einem vorgegebenen Rhythmus (60 Schläge pro Minute) anheben. Konnte ein Kind den Rhythmus nicht einhalten, wurde ebenso ermahnt.

Mit dem dritten Warnsignal aufgrund des falschen Rhythmus oder des Absinkens der Hüfte von der Stange wurde der Test beendet und die Zeit protokolliert. Besonderes Augenmerk galt der stabilen Position der Kinder bei diesem Test.



Abb. 25. Unterarmstütz zur Messung der Rumpfkraft

5.5 Datenauswertung

5.5.1 Statistische Voraussetzungen

Zu allen drei Messzeitpunkten (W1, W2, W3) wurden Daten mithilfe der genannten Tests erhoben.

Das Studiendesign entspricht einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA). Für dieses statistische Vorgehen müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Abhängigkeit der Messung: In dieser Untersuchung wurden innerhalb jeder Probandengruppe immer dieselben Personen getestet, wodurch die Abhängigkeit der Messung gegeben ist.
2. Die abhängige Variable ist mindestens intervallskaliert. Diese Voraussetzung ist erfüllt, da die zu testenden Größen Anthropometrie (Körperhöhe, Körpermasse), Schwimmzeit (T_{25}), Schwimmtechnik (Rating im Beobachtungsbogen), Sprunghöhe, Wurfweite und die Rumpfkraftzeit intervallskaliert sind.
3. Der Innersubjektfaktor ist nominalskaliert. Dieser Faktor entspricht der Testwelle mit drei Teststufen (W1, W2, W3).
4. Die abhängige Variable sollte (etwa) normalverteilt sein für jede Stufe des Innersubjektfaktors.
Die ANOVA reagiert robust gegen eine Verletzung dieser Voraussetzung, insbesondere bei $N > 25$ und auch dann, wenn alle anderen Voraussetzungen erfüllt sind. Dennoch wurde die Normalverteilung überprüft.
5. Es befinden sich keine Ausreißer in den Gruppen.
6. Sphärizität sollte gegeben sein. Diese wird für jede Variable einzeln getestet.

Des Weiteren kam eine multiple lineare Regression zum Einsatz (siehe Kapitel 5.7). Diese sagt aus, wie hoch der Einfluss jedes Prädiktors (unabhängige Variablen) auf das Kriterium (abhängige Variable) ist. Interessant ist daher, wie gut die Prädiktoren das Kriterium voraussagen.

Pearson's Korrelationskoeffizient berechnete den Zusammenhang zweier normaverteilten Variablen und kam bei der mittleren Schwimmkraft und der Schwimmleistung sowie bei den Trainerantworten zum Einsatz.

Für die Berechnungen der ANOVA, Pearson's Korrelation sowie der Regression wurde die Computer Software Statistical Package of Social Science (SPSS, Version 25) verwendet.

5.5.2 Statistische Vorgehensweise

Konnte von einem Probanden lediglich zu einem Messzeitpunkt Daten erhoben werden, so wurde dieser aus dem Protokoll gestrichen. Dies kam einmal bei der TG1a-RK Gruppe vor. Des Weiteren wurde ein zweiter Proband aus Gruppe TG2-VFB aus der Statistik entfernt, da hier die Fähigkeit, 25 m Kraul zu schwimmen, nicht gegeben war. Fehlten Probanden lediglich einzelne Messwerte eines Messzeitpunktes, so verblieben sie im Datensatz. In diesen Fällen wurde der Mittelwert der Treatmentgruppe für den fehlenden Wert hinzugefügt. Bei TG1a-RK fehlte bei drei Probanden der Eingangstest und bei zwei Kindern der Ausgangstest. TG1b-VK, KG und TG2-VFB starteten mit einem vollständigen Datensatz zum Eingangstest. Jedoch fehlte bei TG1b-Vk und TG2-VFB jeweils von einem Probanden der Zwischentest und von einem anderen der Ausgangstest. Bei der KG-Gruppe konnten von drei Probanden nach 4 Wochen keine Daten erhoben werden. Des Weiteren fehlte von drei anderen Kindern der Ausgangstest. Klar ist, dass die hohe Anzahl an fehlenden Werten die statistische Aussagekraft mindert.

Da dieser Untersuchung eine geringe Probandenanzahl pro Gruppe $10 < N < 12$ zur Verfügung stand, verblieben die Ausreißer im Datensatz (vgl. Kapitel 6.2.1).

Die Ergebnisse werden im Rahmen der folgenden Kapitel zunächst durch Tabellen beschrieben, welche die Anzahl N , den Mittelwert (\bar{x}) und die Standardabweichung (SD) zeigen. Des Weiteren wurden drei Spalten ($\%_{01-4}$, $\%_{04-8}$ und $\%_{01-8}$) beigefügt. Sie repräsentieren die prozentuale Veränderung der Messwerte der Variablen je nach Testzeitpunkt (W1, W2 und W3) nach 4 Wochen ($\%_{01-4}$), nach den zweiten 4 Wochen ($\%_{04-8}$) und nach 9 Wochen ($\%_{01-8}$).

Zur Überprüfung der Grundvoraussetzung Normalverteilung wurden der Shapiro-Wilk-Test, das Histogramm und der Q-Q-Plot herangezogen. Anschließend konnte die ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt werden. Dafür kam der Mauchly-Test auf Sphärizität zur Anwendung. Sollte der p-Wert des Mauchly-Tests signifikant werden ($p < 0,05$), so kamen Greenhouse-Geisser/Huynh-Feld (ε) Korrekturen der Freiheitsgrade zum Einsatz. Für ε galt folgende Empfehlung (Girden, 2003):

1. $\varepsilon < 0,75$: Betrachtung von Greenhouse-Geisser
2. $\varepsilon > 0,75$: Betrachtung von Huynh-Feldt

Das Signifikanzniveau lag bei $p = 0,05$.

5.6 Untersuchungshypothesen

5.6.1 Auswirkungen des Krafttrainings auf die Schwimmzeit

Auswirkungen des Rumpfkrafttrainings auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H1-0): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Rumpfkrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H1-A): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Rumpfkrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Auswirkungen des Vortriebskrafttrainings auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H2-0): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Vortriebskrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H2-B): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Vortriebskrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Auswirkungen des Kraftausdauertrainings auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H3-0): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Kraftausdauertraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H3-C): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Kraftausdauertraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

5.6.2 Auswirkungen der Schwimmtechnik auf die Schwimmzeit

Auswirkungen des Techniktrainings im Wasser auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H4-0): Ein 9-wöchiges Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H4-D): Ein 9-wöchiges Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Auswirkungen des Videofeedbacktrainings auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H5-0): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Videofeedbacktraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H5-E): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Videofeedbacktraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Auswirkungen des Techniktrainings auf die Schwimmzeit

Nullhypothese (H6-0): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus einem Techniktraining verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Allgemeine Hypothese (H6-F): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus einem Techniktraining verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

5.6.3 Auswirkungen des Krafttrainings auf die Schwimmtechnik

Auswirkungen des Rumpfkrafttrainings auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H7-0): Nach einem 9-wöchigen Rumpfkrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H7-G): Nach einem 9-wöchigen Rumpfkrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Auswirkungen des Vortriebskrafttrainings auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H8-0): Nach einem 9-wöchigen Vortriebskrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H8-H): Nach einem 9-wöchigen Vortriebskrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Auswirkungen des Kraftausdauertrainings auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H9-0): Nach einem 9-wöchigen Kraftausdauertraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H9-I): Nach einem 9-wöchigen Kraftausdauertraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

5.6.4 Auswirkungen des Techniktrainings auf die Schwimmtechnik

Auswirkungen des Techniktrainings im Wasser auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H10-o): Nach einem 9-wöchigen Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H10-j): Nach einem 9-wöchigen Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Auswirkungen des Videofeedbacktrainings auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H11-o): Nach einem 9-wöchigen Videofeedbacktraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H11-k): Nach einem 9-wöchigen Videofeedbacktraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Auswirkungen des Techniktrainings auf die Schwimmtechnik

Nullhypothese (H12-o): Nach einem 9-wöchigen Techniktraining erzielen 7- bis 10-jährige Kinder keine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Allgemeine Hypothese (H12-l): Nach einem 9-wöchigen Techniktraining erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

5.7 Regressionsanalyse

Im Rahmen der Regression sind insgesamt drei Modelle entstanden, ein Hauptmodell der Schwimmleistung und zwei Teilmodelle (Schwimmtechnik und Schwimmkraft). Letztere sind Bestandteile des Hauptmodells und werden in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Dazu wurden die Voraussetzungen für die Regressionsrechnungen für jedes Modell einzeln überprüft.

Es handelte sich bei allen drei Modellen jeweils um eine multiple lineare Regression. Diese erklären eine abhängige Variable (Kriterium) durch mehrere unabhängige Variablen. Für jedes Modell ergab sich eine Regressionsgleichung.

Gl. 3. Allgemeine multiple Regressionsgleichung für die abhängige Variable y , die Konstante α , die unabhängigen Variablen x_1 bis x_n sowie die b -Regressionskoeffizienten

$$y = \alpha + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (3)$$

Da für alle Modelle mehrere unabhängige Variablen existierten, wurde für die Anpassung der korrigierte Determinationskoeffizient R^2 verwendet, um die Anpassungsgüte des jeweiligen Modells zu bestimmen. Es erfolgte die Berechnung des F-Wertes mit dem dazugehörigen p-Wert für die Signifikanzprüfung ($p < 0,05$). Des Weiteren interessierte noch die Gewichtung der unabhängigen Variablen, welche durch die standardisierten Beta-Koeffizienten im Rahmen der Pfadanalyse dargestellt wurden. Für die Regressionsgleichungen wurden die nicht standardisierten Koeffizienten verwendet. Als letztes folgte die Prüfung des T-Wertes, welcher für jedes Modell ungleich 0 sein musste.

5.7.1 Teilmodell der Schwimmtechnik

Dieses Teilmodell setzte die Schwimmtechnik als abhängige Variable. Demnach wurden Rumpfkraft, Wurfkraft, Sprungkraft, Alter, Körperhöhe und Körpermasse als unabhängige Variablen definiert. Dieses Teilmodell erklärte, welchen Einfluss die genannten Prädiktoren auf das Kriterium Schwimmtechnik haben (Abb. 26). Die Schwimmkraft und die Schwimmleistung spielten bei diesem Teilmodell keine Rolle und sind in der folgenden Abbildung daher grau gestuft. In den Modellabbildungen sollen Pfeile eine mögliche Beziehung zwischen einem Prädiktor und dem jeweiligen Kriterium verdeutlichen. Die bei Abbildung 26 gezeigten Pfeile dienen lediglich der Veranschaulichung des Modells und entsprechen noch keinem tatsächlichen statistischen Einfluss. Diese werden im Ergebnissteil 6.11 näher erläutert. Auf den Pfeilen verdeutlichen die standardisierten Beta-Koeffizienten die Stärke des Zusammenhangs.

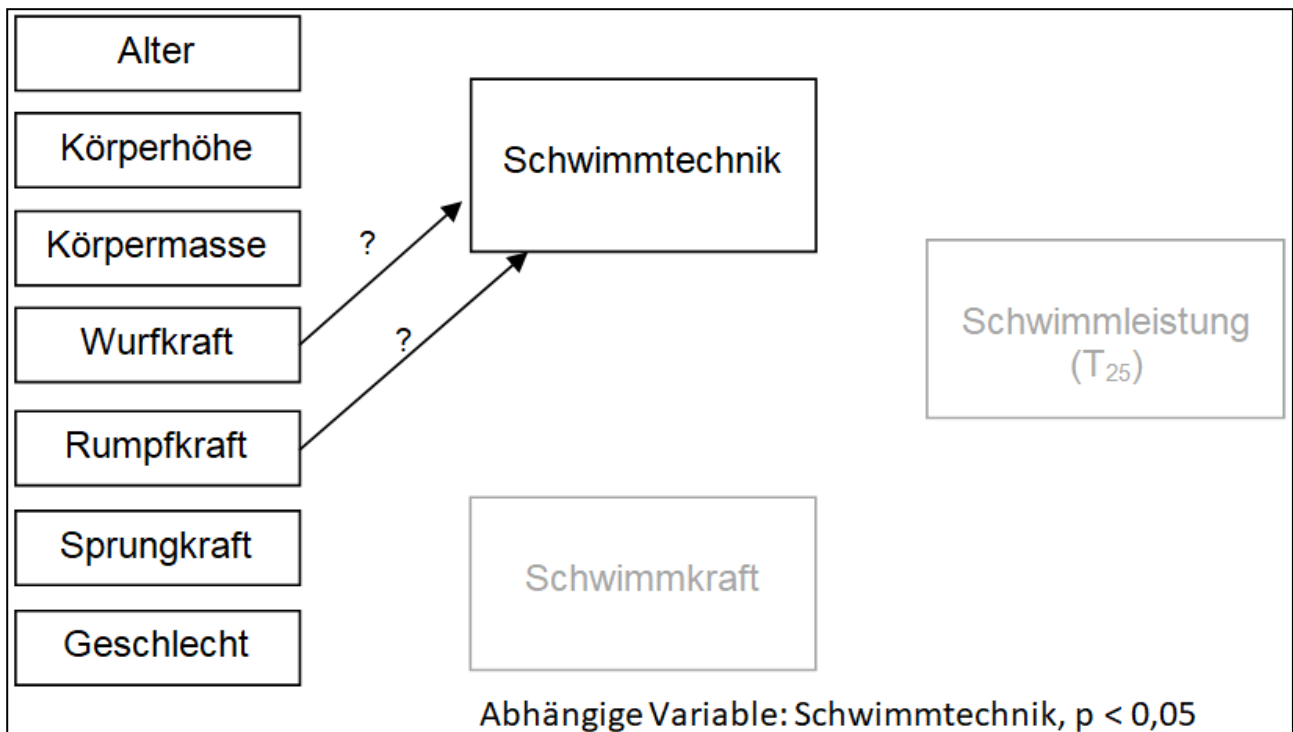


Abb. 26. Teilmodell 1 der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmtechnik (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).

5.7.2 Voraussetzungen der Regression für das Teilmodell der Schwimmtechnik

Die Voraussetzungen (Gauß-Markov-Theorem) für die Regression wurden in SPSS für das Teilmodell der Schwimmtechnik überprüft.

1. Lineare Beziehung zwischen den Variablen: Das in SPSS erstellte Streudiagramm (unstandardisierte vorhergesagte Werte und der studentisierten Residuen) deutete auf lineare Regressionskoeffizienten hin, so dass die Linearität erfüllt war.
2. Eine Zufallsstichprobe lag vor.
3. Unabhängigkeit der Residuen: Dafür kam die Durbin-Watson-Statistik zum Einsatz und lieferte einen Wert von 1,85. Das heißt, dass keine Autokorrelation der Residuen vorliegt.
4. Multikollinearität: Dafür wurde die Korrelation nach Pearson überprüft. Kein Wert überstieg den kritischen Wert von 0,7.
5. Homoskedastizität: Durch die studentisierten Residuen und die unstandardisierten vorhergesagten Werte konnte mittels Streudiagramm in SPSS von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden.
6. Residuen sind näherungsweise normalverteilt: Die Normalverteilung der Residuen wurde grafisch mithilfe des Histogramms und des Q-Q-Plots überprüft. Man konnte von einer Normalverteilung ausgehen. Da sowohl für diese Regression die Fallzahl groß genug ist und das berechnete Regressionsmodell auf dem $p < 0,01$ -Niveau signifikant ist ($F(7,127) = 4,87, p < 0,001$),

spielt die Normalverteilung der Residuen eine untergeordnete Rolle (vgl. Lumley, Diehr, Emerson & Chen, 2002).

7. Die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen sind metrisch skaliert. Lediglich die Variable Geschlecht wurde als Dummy-Variable ($m = 1$, $f = 0$) codiert.

5.7.3 Teilmodell der Schwimmkraft

Das zweite Teilmodell erklärt die Schwimmkraft (abhängige Variable) durch die unabhängigen Variablen Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Rumpfkraft, Wurfkraft, Sprungkraft und Geschlecht. Analog zum ersten Teilmodell wurden dafür die Schwimmtechnik und die Schwimmleistung grau hinterlegt, da sie bei dieser Regressionsrechnung überflüssig waren.

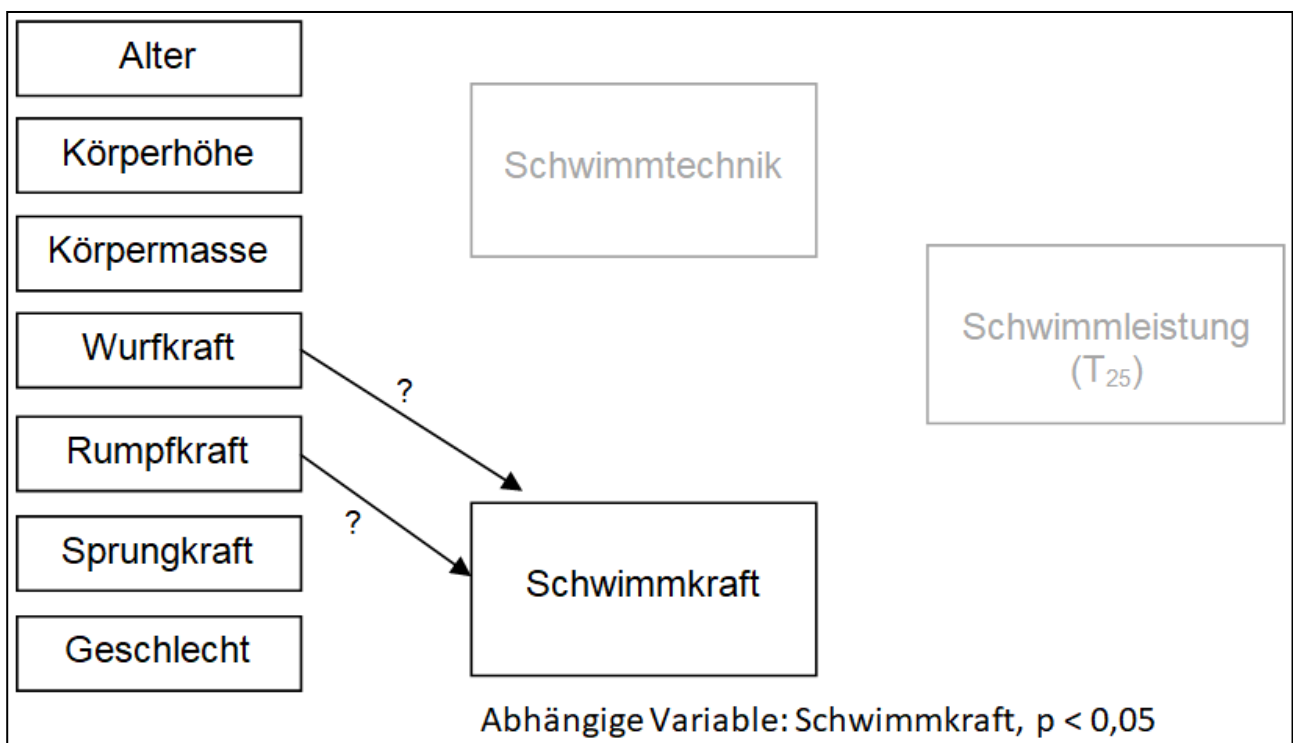


Abb. 27. Teilmodell 2 der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmkraft (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).

5.7.4 Voraussetzungen der Regression für das Teilmodell der Schwimmkraft

Die Voraussetzungen (Gauß-Markov-Theorem) für die Regression wurden in SPSS für das Teilmodell der Schwimmkraft überprüft.

1. Lineare Beziehung zwischen den Variablen: Das in SPSS erstellte Streudiagramm (unstandardisierte vorhergesagten Werte und der studentisierten Residuen) deutete auf lineare Regressionskoeffizienten hin, so dass die Linearität erfüllt war.
2. Eine Zufallsstichprobe lag vor.

3. Unabhängigkeit der Residuen: Dafür kam die Durbin-Watson-Statistik zum Einsatz und lieferte einen Wert von 1,98. Das heißt, dass keine Autokorrelation der Residuen vorlag.
4. Multikollinearität: Dafür wurde die Korrelation nach Pearson überprüft. Kein Wert überstieg den kritischen Wert von 0,7.
5. Homoskedastizität: Durch die studentisierten Residuen und die unstandardisierten vorhergesagten Werte konnte mittels Streudiagramm in SPSS eine Varianzhomogenität ermittelt werden, so dass von einer vorliegenden Homoskedastizität ausgegangen wurde.
6. Residuen waren näherungsweise normalverteilt: Die Normalverteilung der Residuen wurde grafisch mithilfe des Histogramms und des Q-Q-Plots überprüft. Man konnte von einer Normalverteilung ausgehen. Da sowohl für diese Regression die Fallzahl groß genug ist und das berechnete Regressionsmodell auf dem $p < 0,01$ -Niveau signifikant ist ($F(7,127) = 23,02$, $p < 0,001$), spielt die Normalverteilung der Residuen eine untergeordnete Rolle (vgl. Lumley et al., 2002).
7. Die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen sind metrisch skaliert. Lediglich die Variable Geschlecht wurde als Dummy-Variable ($m = 1$, $f = 0$) codiert.

5.7.5 Hauptmodell der Schwimmleistung

Für das Hauptmodell sollte die Schwimmleistung (T_{25}) als abhängige Variable durch die unabhängigen Variablen Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft, Alter, Geschlecht, Körperhöhe und Körpermasse erklärt werden.

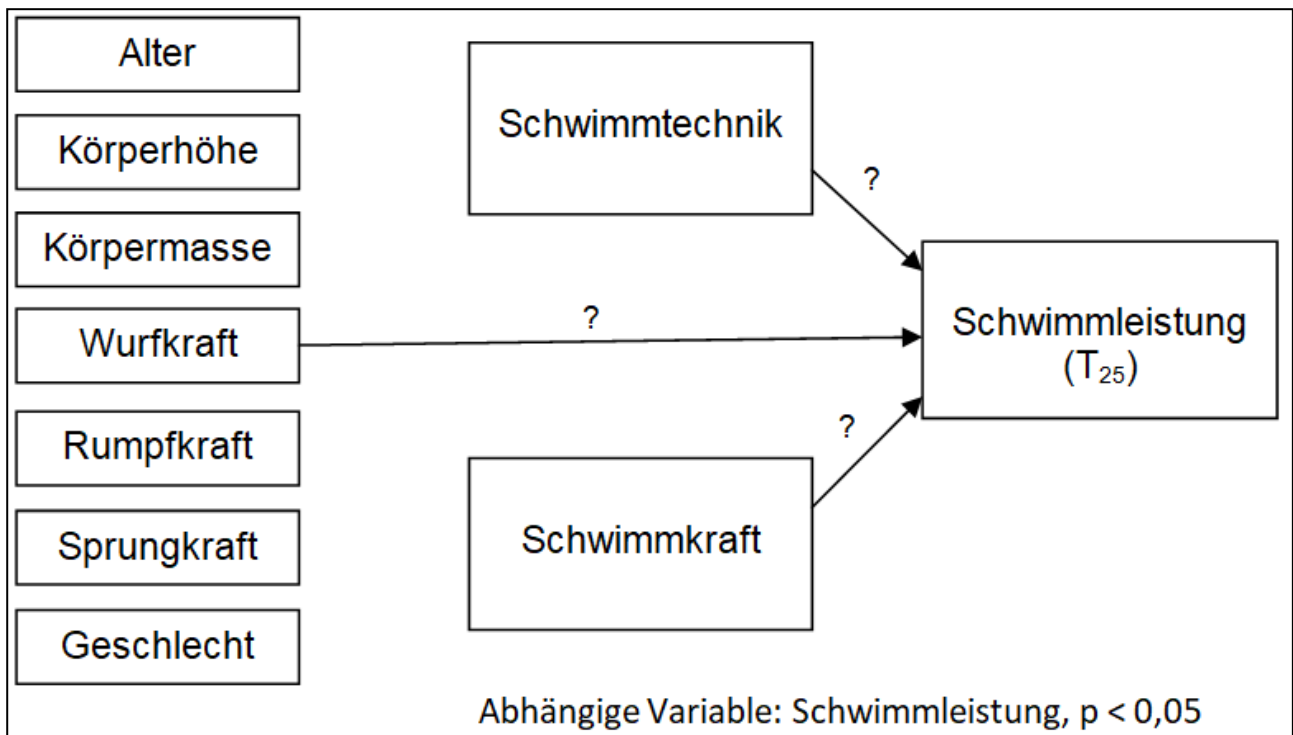


Abb. 28. Hauptmodell der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmleistung (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren, Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).

In diesem Beispiel hätten lediglich Schwimmkraft, Schwimmtechnik und Wurfkraft einen Einfluss auf die Schwimmleistung, erkennbar durch die Pfeile. Durch die Regressionsanalyse wird das Modell durch den korrigierten R^2 -Wert geschätzt, also wieviel Prozent der Varianz durch dieses Modell erklärt werden kann. Außerdem folgen noch die Einflüsse der Prädiktoren durch die standardisierten Beta-Koeffizienten.

5.7.6 Voraussetzungen der Regression für das Hauptmodell der Schwimmleistung

Die Voraussetzungen (Gauß-Markov-Theorem) für die Regression wurden in SPSS für dieses Hauptmodell überprüft.

1. Lineare Beziehung zwischen den Variablen: Das in SPSS erstellte Streudiagramm (unstandardisierte vorhergesagten Werte und der studentisierten Residuen) deutete auf lineare Regressionskoeffizienten hin, so dass die Linearität erfüllt war.
2. Eine Zufallsstichprobe liegt vor.
3. Unabhängigkeit der Residuen: Dafür kam die Durbin-Watson-Statistik zum Einsatz und lieferte einen Wert von 1,92. Das heißt, dass keine Autokorrelation der Residuen vorlag.
4. Multikollinearität: Dafür wurde die Korrelation nach Pearson überprüft. Kein Wert überstieg den kritischen Wert von 0,7. Kein Toleranzwert der Kollinearitätsstatistik liegt über 0,1, so dass keine Multikollinearität zwischen den Prädiktoren bestand.

5. Homoskedastizität: Durch die studentisierten Residuen und die unstandardisierten vorhergesagten Werte konnte mittels Streudiagramm in SPSS von einer Varianzhomogenität ausgegangen werden.
6. Residuen waren annähernd normalverteilt: Die Normalverteilung der Residuen wurde grafisch mithilfe des Histogramms und des Q-Q-Plots überprüft. Man konnte von einer Normalverteilung ausgehen. Da sowohl für diese Regression die Fallzahl groß genug ist und das berechnete Regressionsmodell auf dem $p < 0,01$ -Niveau signifikant ist ($F(9,125) = 9,28$, $p < 0,001$), spielt die Normalverteilung der Residuen eine untergeordnete Rolle (vgl. Lumley et al., 2002).
7. Die abhängige Variable und die unabhängigen Variablen sind metrisch skaliert. Lediglich die Variable Geschlecht wurde als Dummy-Variable ($m = 1$, $f = 0$) codiert.

5.7.7 Fragestellungen der Regressionsmodelle

Im Rahmen dieser Regressionsanalyse soll für jedes Modell eine Frage formuliert werden.

Teilmodell der Schwimmtechnik

Welchen Einfluss haben Alter, Körpergröße, Körpermasse, Geschlecht, Rumpfkraft, Wurfkraft und Sprungkraft auf die Schwimmtechnik bei 7- bis 10-jährigen Kindern?

Teilmodell der Schwimmkraft

Welchen Einfluss haben Alter, Körpergröße, Körpermasse, Geschlecht, Rumpfkraft, Wurfkraft und Sprungkraft auf die Schwimmkraft bei 7- bis 10-jährigen Kindern?

Hauptmodell der Schwimmleistung

Welchen Einfluss haben Alter, Körpergröße, Körpermasse, Geschlecht, Rumpfkraft, Wurfkraft, Sprungkraft, Schwimmkraft und Schwimmtechnik auf die Schwimmleistung bei 7- bis 10-jährigen Kindern?

6 Ergebnisse und Diskussion

6.1 Gütekriterien

6.1.1 Objektivität

Im Rahmen der gesamten Untersuchung wurde stets auf die Objektivität geachtet. So wurden die Beobachtungsbögen der Schwimmtechnik von den beiden Trainerexperten

- (a) unabhängig voneinander,
- (b) bei ihnen unbekannte Schwimmerinnen und Schwimmer, sowie
- (c) zu den Leistungen aus ihnen unbekanntem Testzeitpunkten bewertet.

Die folgende Tabelle (Tab. 23) zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen des Technikeratings der jeweiligen zwei Trainer für vier Gruppen und für die Zweiteilung der Gruppen.

Tab. 23. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Trainerbewertungen der Schwimmtechnik der vier Gruppen (TG1a-Rk, TG1b-Vk, TG2-VFB und KG) und der zwei Gruppen (TG1-KA, TG2-T über alle drei Messzeitpunkte hinweg (Rating: 0 – 32)

TG1a-RK N = 12 ♀ = 6, ♂ = 6		TG1b-VK N = 11 ♀ = 5, ♂ = 6		TG2-VFB N = 10 ♀ = 5, ♂ = 5		KG N = 12 ♀ = 7, ♂ = 5	
\bar{x} 19,79	SD 3,00	\bar{x} 16,31	SD 2,90	\bar{x} 19,70	SD 3,39	\bar{x} 14,65	SD 2,19
TG1-KA N = 23 ♀ = 11, ♂ = 12				TG2-T N = 22 ♀ = 12, ♂ = 10			
\bar{x} 18,05				SD 2,95			
				\bar{x} 17,18			
				SD 2,79			

Die Streudiagramme der Trainerurteile der Trainer (A bis H) werden durch die folgenden beiden Abbildungen dargestellt. Ein linearer Zusammenhang ist hierbei sowohl für die TG1-KA als auch für die TG2-T zu erkennen.

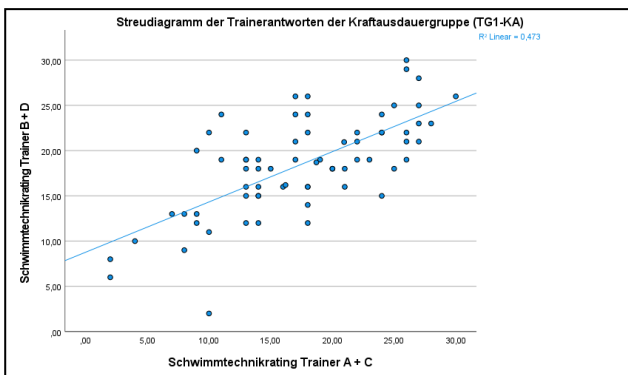


Abb. 29. Streudiagramm der Trainerurteile der TG1-KA der Trainer A bis D

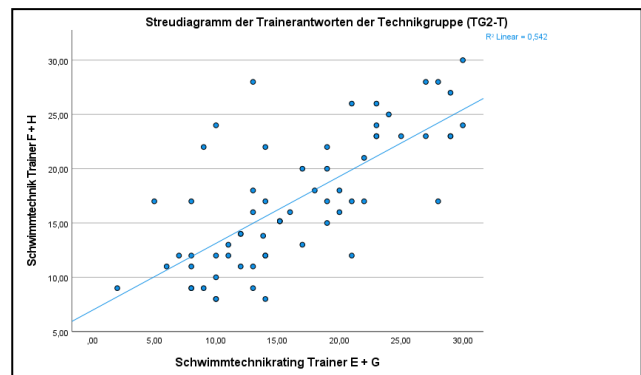


Abb. 30. Streudiagramm der Trainerurteile der TG2-T der Trainer E bis H

In diesem Zusammenhang wurde außerdem die Korrelation nach Perarson der jeweiligen zwei Trainerurteile für die vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB und KG), die zwei Gruppen (TG1-KA, TG2-T) und für die Gesamtkohorte berechnet.

Tab. 24. Korrelation nach Pearson für die jeweiligen zwei Trainerurteile aller Subgruppen und der Gesamtkohorte

Subgruppen/Gesamtkohorte	Korrelation nach Pearson	Trainer ID
TG1a-RK	0,63**	Trainer A + B
TG1b-VK	0,72**	Trainer C + D
TG2-VFB	0,78**	Trainer E + F
KG	0,65**	Trainer G + H
TG1-KA	0,69**	Trainer A bis D
TG2-T	0,74**	Trainer E bis H
Gesamtkohorte	0,71**	Trainer A bis H

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Daraus folgt, dass die Trainerurteile der Schwimmtechnik der Kinder zwischen den Trainern stark korrelierte ($0,63 < r < 0,78$; $p < 0,01$).

6.1.2 Reliabilität

In dieser Untersuchung konnte die Messgenauigkeit zur Ermittlung der Reliabilität durch Messwiederholung bei den Variablen CMJ, MBS, ST und F_{sw} berechnet werden. Für den Sprung (Counter Movement Jump) sowie den Wurf (Medizinballstoß) konnten je drei Versuche protokolliert werden, für die Schwimmkraft (Tethered Swimming) zwei Versuche, beziehungsweise für die Schwimmtechnik (Trainerfragebogen) zwei Trainerbewertungen. Die Tabelle 25 zeigt die Werte für Cronbach's Alpha.

Tab. 25. Cronbach's Alpha-Werte zur Einschätzung der Reliabilität für die Sprungkraft (CMJ), Wurfkraft (MBS), Schwimmtechnik (Trainerurteil) und Schwimmkraft (F_{sw})

Variablen	Cronbach's Alpha
CMJ	0,69
MBS	0,94
ST	0,83
F_{sw}	0,92

Für den Medizinballstoß und die Schwimmkraft kann der Wert für Cronbach's Alpha als exzellent interpretiert werden. Der Test des Tethered Swimming wurde bereits in anderen Untersuchungen auf Reliabilität getestet und konnte auch in diesen Arbeiten als exzellent eingestuft werden (Cronbach's Alpha = 0,97 maximum force, Cronbach's Alpha = 0,98 mean force, Cronbach's Alpha = 0,99 impulse of force, Amaro, Marinho, Batalha, Marques & Morouço, 2014). Eine gute Reliabilität kann der Schwimmtechnik attestiert werden. Für den Sprung ergab sich ein Alpha von 0,69, was einer gerade noch akzeptablen Reliabilität entspricht.

6.1.3 Validität

Die Validität bezieht sich auf die Gültigkeit der Forschungsergebnisse. Eine Messung ist valide, wenn sie tatsächlich das misst, was sie messen soll und somit in-

haltlich eindeutige (glaubwürdige) Ergebnisse liefert. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte kein Konflikt hinsichtlich Auswahl des Untersuchungsstandards, Verlauf der Untersuchung oder der Datenerhebung registriert werden.

6.2 Betrachtung der Güte der Messergebnisse

Bei der genaueren Betrachtung der Messergebnisse fiel auf, dass sich sowohl kleine als auch große Ausreißer im Datensatz erkennen lassen. Die geringe Probandenanzahl von 10 bis 12 Testpersonen je Gruppe ist kritisch zu sehen und erschwert die statistische Hochrechnung auf die Gesamtpopulation (Costa et al., 2012). In den jeweiligen Schwimmvereinen konnten keine weiteren Kinder in dieser Altersklasse für diese Untersuchung gewonnen werden. Meist rangierten die Teilnehmer einer Schwimmgruppe zwischen 8 und 12 Personen. Auch die Probandenanzahl vieler anderer Schwimmstudien beläuft sich auf eine ähnliche Größenordnung (Jerszynski et al., 2013; Miyashita, 1975; Vantorre, Vilas-Boas, Fernandes, Chollet, Seifert, 2014; Sengoku, Tsunokawa, Kobayashi & Tsubakimoto, 2014; Costa et al., 2012).

6.2.1 Betrachtung der Ausreißer

Im Rahmen der Auswertung der Boxplots wurde zwischen kleinen- (oberhalb des 1,5-fachen Interquartilabstands) und großen Ausreißern (oberhalb des 3-fachen Interquartilabstands) unterschieden. Aufgrund der geringen Probandenanzahl dieser Studie bleiben die Ausreißer dem Datensatz erhalten. Bei jedem Ausreißer wurde überprüft, ob die gemessene Leistung realistisch war oder ob gegebenenfalls ein Messfehler die Abweichung erklärt. Insgesamt war trotz der Trainingspause während der Sommerferien eine große Heterogenität bei nahezu allen Gruppen und Variablen erkennbar. Diese Tatsache war dem Umstand geschuldet, dass es sich bei den Probanden um vorpubertäre Kinder handelte, welche z.T. noch nicht lange in den jeweiligen Gruppen trainierten.

Für die Schwimmleistung auf 25 m Kraul lagen die Zeiten in einem für die Kinder realistischen Intervall (Abb. 31). Die z.T. schwache Leistung einiger Probanden von über 40 s auf 25 m Kraul legte nahe, dass diese eher unterdurchschnittlich angesehen werden muss. Insbesondere die obere Intervallgrenze erschien realistisch und könnte theoretisch noch höher liegen, sofern der Proband in der Lage war, 25 m in der Kraullage zu schwimmen. Bis auf einen Fall aus der TG1a-RK lagen alle Ausreißer für die Schwimmzeit in der TG2-VFB bzw. der TG2-T-Gruppe. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass auch der schnellste Schwimmer (auch kleiner Ausreißer) aus der TG2-VFB stammte. Er lieferte Werte für $T_{25} < 19,5$ s, was einem gehobenen Schwimmniveau für diese Altersklasse entspricht. Dieser Proband war in der Lage, die 50 m in der Freistillage unter 35 s zu schwimmen (Wettkampfergebnisse im Jahr 2019), so dass eine Splitzeit zwischen 17 und 19 s auf T_{25} als realistischer Wert erschien. Ebenso wurden die weiteren Ausreißer (an der oberen Inter-

vallgrenze) als realistische Messwerte für die Alterklasse betrachtet und blieben daher im Datensatz erhalten.

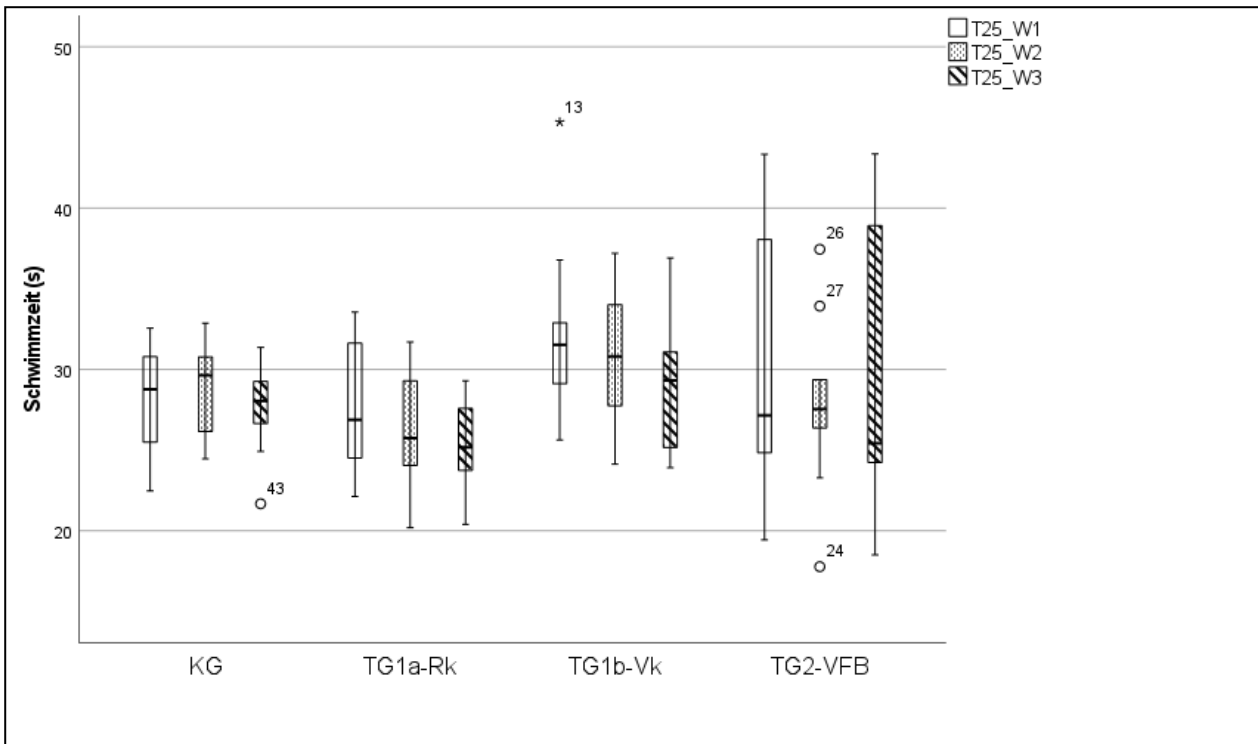


Abb. 31. Boxplots der Schwimmzeit in s auf 25 m Kraul der vier Gruppen mit den kleinen ($^{\circ}$, > 1,5-facher Interquartilabstand) und großen Ausreißern ($*$, > 3-facher Interquartilabstand).

Allerdings soll insbesondere der Vergleich der TG1-KA-Gruppe mit der TG2-T-Gruppe genauer beschrieben werden, da hier der p-Wert mit $p = 0,048$ sehr nahe an der Signifikanzgrenze von $p < 0,05$ lag. Zwei von drei Schwimmern der TG2-T-Gruppe galten über zwei Messzeitpunkte an der Obergrenze als Ausreißer (Abb. 32). Dem gegenüber stand der bereits oben erwähnte Ausreißer der TG2-T-Gruppe an der Untergrenze. Das bedeutete, dass der Mittelwert für T_{25} ohne diese Ausreißer zwar niedriger läge, aber sich die Entwicklung über den Testzeitraum nicht zwangsläufig verändern würde. Auch die Tatsache, dass Ausreißer beider Grenzen (nach oben und nach unten) in dieser Gruppe vorkommen, deutet darauf hin, dass sich die Ausreißer möglicherweise ausgleichen. In der TG1-KA-Gruppe konnte lediglich ein Ausreißer für W1 an der oberen Grenze gesichtet werden.

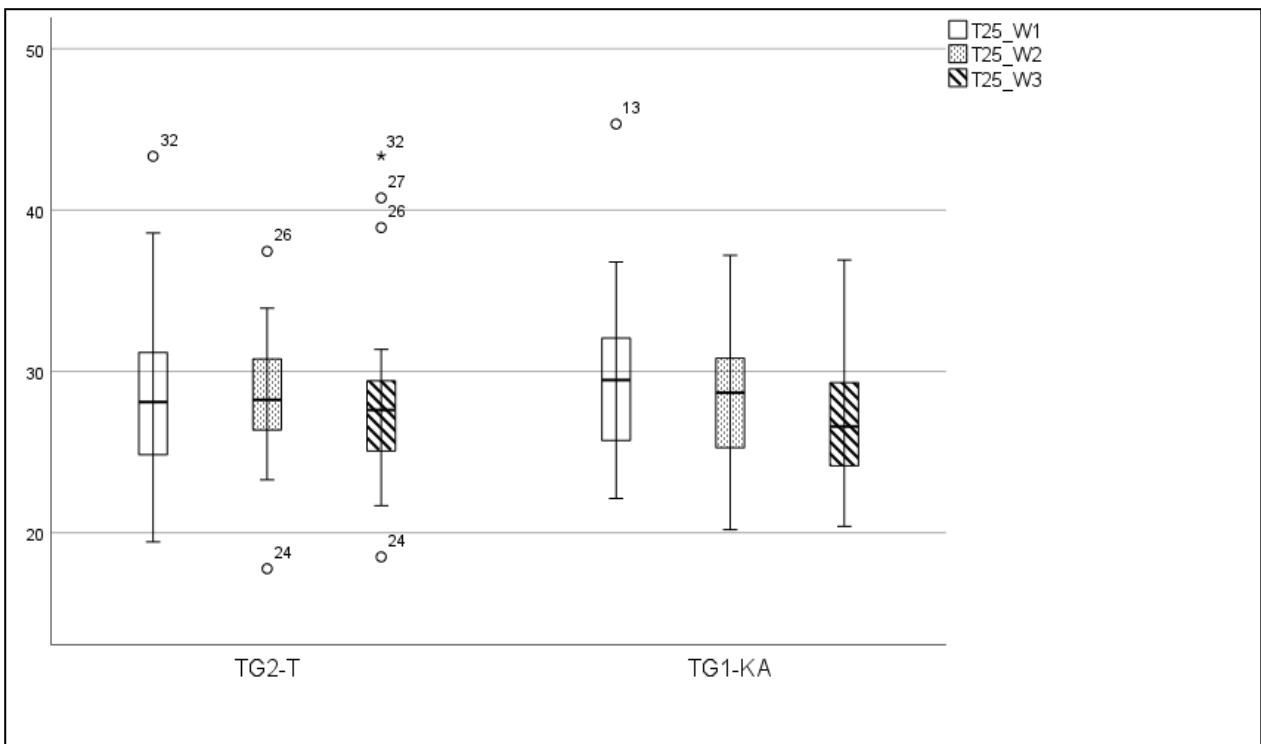


Abb. 32. Boxplots der Schwimmzeit in s auf 25 m Kraul der TG2- und TG1-KA-Gruppe mit den kleinen ($^{\circ}$, > 1,5-fachen Interquartilabstand) und großen Ausreißern ($*$, > 3-fachen Interquartilabstand).

Auch für die Schwimmtechnik ließen sich drei Ausreißer identifizieren, einer gehörte zur TG1b-VK und erreichte ein sehr geringes Rating seiner Schwimmtechnik (Abb. 33). Zwei TG2-VFB-Probanden erzielten weniger als 10 Punkte beim Techniksore. Da eine signifikante Steigerung des Ratings bei allen Gruppen erkennbar war, jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bestand, konnten diese drei Ausreißer vernachlässigt werden. Würde man diese drei Ausreißer entfernen, so hätte die TG1b-VK zum Zeitpunkt W2 ein noch höheres mittleres Gesamtrating, genauso wie die TG2-VFB zum Messzeitpunkt W3. Beide Gruppen würden ein positiveres Ergebnis hinsichtlich der Schwimmtechnik zeigen, wobei sich die Entwicklung der Gruppen nicht verändern würde.

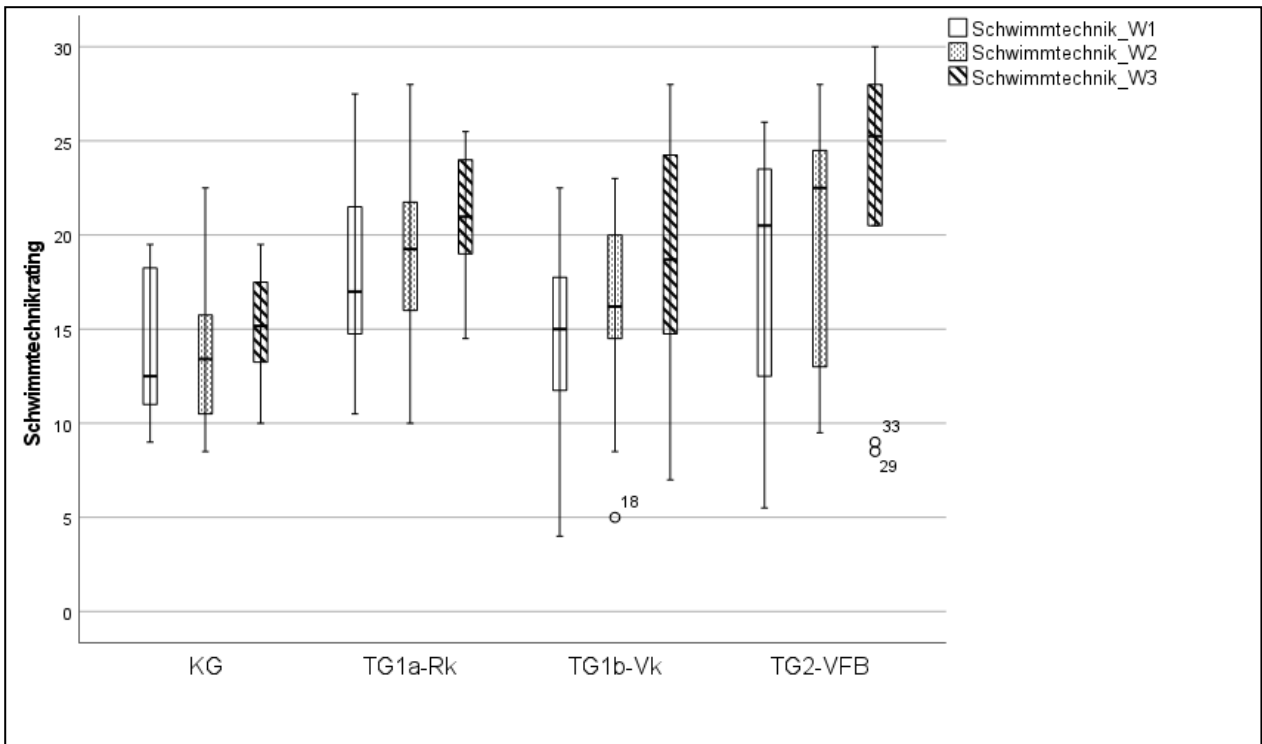


Abb. 33. Boxplots des Schwimmtechnikratings der vier Gruppen mit den kleinen ($^{\circ}$, > 1,5-fachen Interquartilabstand) und großen Ausreißern (* , > 3-fachen Interquartilabstand).

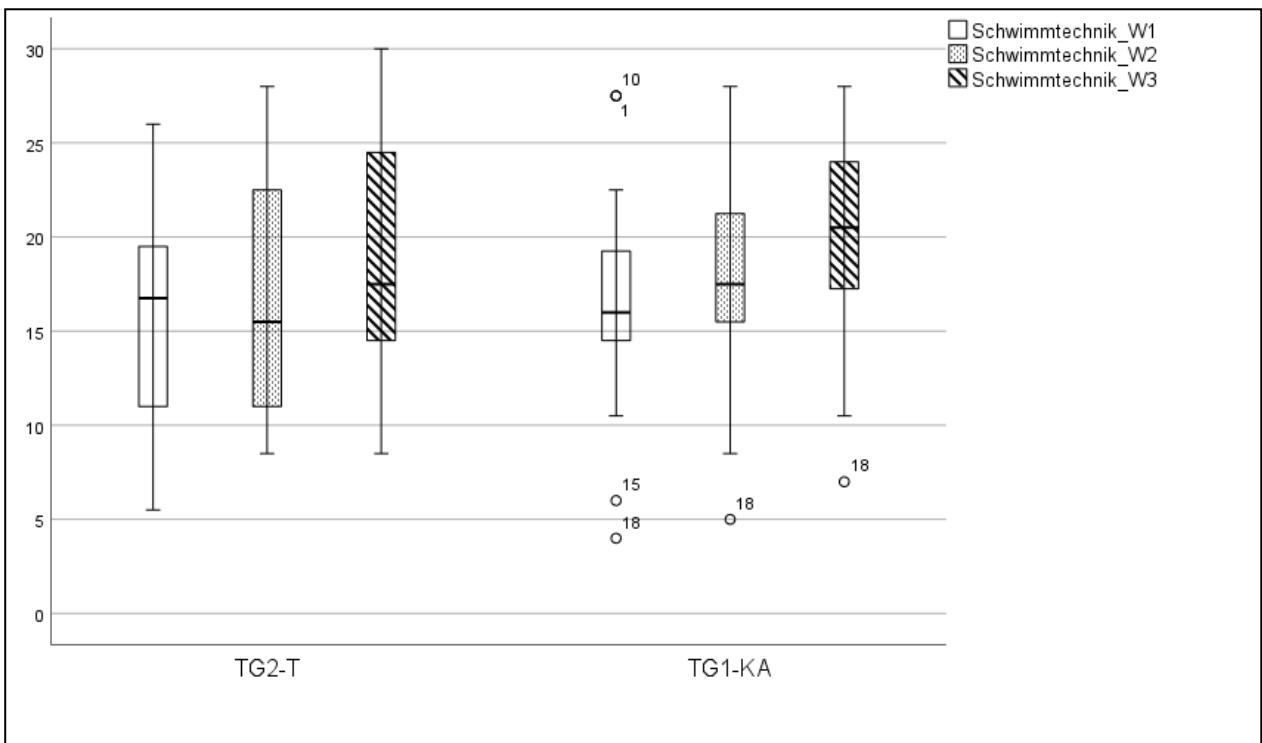


Abb. 34. Boxplots des Schwimmtechnikratings der TG2- und TG1-KA-Gruppe mit den kleinen ($^{\circ}$, > 1,5-fachen Interquartilabstand) und großen Ausreißern (* , > 3-fachen Interquartilabstand).

Für den Vergleich zwischen der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe ließen sich zwei Ausreißer bei der TG1-KA-Gruppe an der unteren Intervallgrenze finden. Einer der beiden steigerte sein Rating für die Schwimmtechnik, blieb jedoch für alle

Messzeitpunkte Ausreißer an der unteren Intervallgrenze. Zum ersten Messzeitpunkt existierten je zwei kleine Ausreißer an der Ober- und an der Untergrenze. In diesem Fall schienen sich diese vier Ausreißer auszugleichen, so dass sie das Messergebnis nicht nennenswert beeinflussen dürften.

Da jedoch statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Schwimmtechnik herrschte ($p = 0,448$), konnten die Ausreißer in der Statistik berücksichtigt bleiben. Eine Eliminierung dieser drei Ausreißer zu W2 und W3 der TG1-KA-Gruppe ließe den Mittelwert für diese Gruppe für die Schwimmtechnik steigen.

Für die Wurfkraft und Sprungkraft spielten die gesichteten Ausreißer keine nennenswerte Rolle, da sich weder eine Veränderung nach 9 Wochen Intervention, noch ein Unterschied zwischen den Gruppen (gleich welcher Betrachtung Zwei- oder Vierteilung der Gruppen) ergibt, da die p -Werte deutlich über dem Signifikanzniveau von 0,05 liegen. Auch für die Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test dürfen die drei Ausreißer vernachlässigt werden, da sie die rückläufige Entwicklung der KG-Gruppe in Richtung konstante Messwerte verschieben würden. Für die Schwimmkraft konnte außerdem kein Unterschied zwischen den Gruppen registriert werden.

Die Statistik zeigt Ausreißer auch für die Rumpfkraft. Da sich diese Werte jedoch hochsignifikant verändern ($p < 0,001$), kann die ANOVA als robust gegen Ausreißer eingestuft werden. Auch in diesem Fall blieben die Werte dem Datensatz erhalten.

6.2.2 Betrachtung der Einzelfälle

Für die Betrachtung der Einzelfälle wurden weitere Diagramme erstellt, welche den Einzelverlauf aller Probanden abbildeten. Dafür war eine Untersuchung der Variablen nötig, welche einen signifikanten Unterschied nach 9 Wochen oder eine gruppenspezifische Signifikanz aufwiesen ($p < 0,05$). Verglichen wurden daher die Einzelfälle der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe.

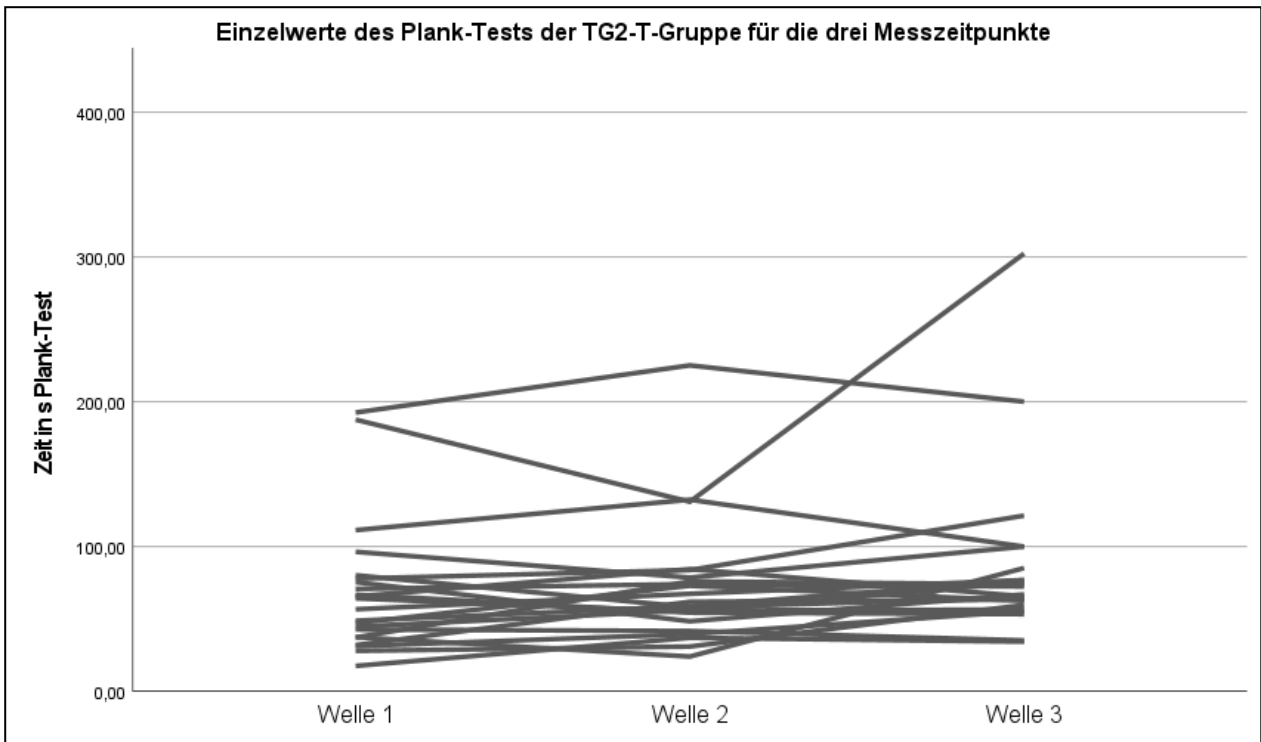


Abb. 35. Einzelfallbetrachtung des Plank Tests der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

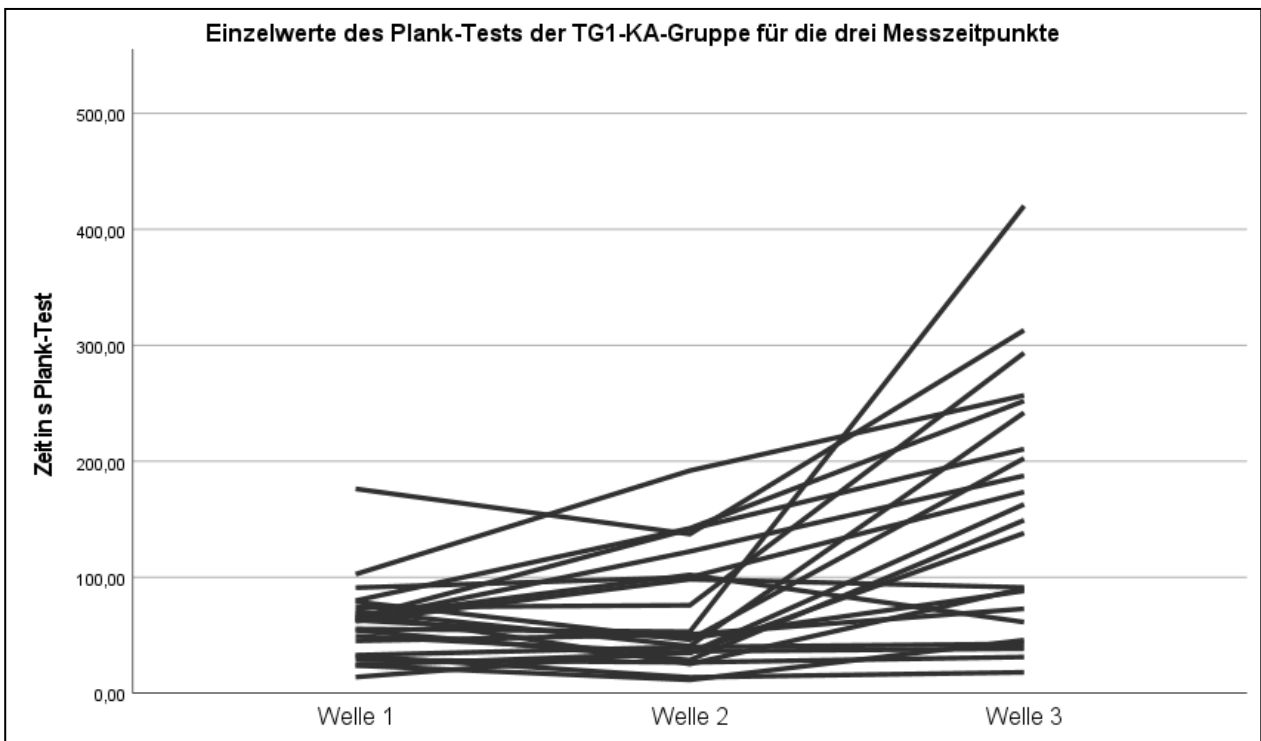


Abb. 36. Einzelfallbetrachtung des Plank Tests der TG1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

Abbildung 35 und 36 beschreiben die Einzelwerte der Rumpfkraftleistung für die TG2- und die TG1-KA-Gruppe. Bei beiden Gruppen fiel auf, dass die Mehrheit der Probanden zwischen 0 und 100 s starteten (W1). Die Versuchspersonen der TG2-

T-Gruppe erzielen für den Plank Test bei W3 mit drei Ausnahmen weiterhin Leistungen zwischen 0 und 100 s. In diesen besagten Ausnahmefällen lag jedoch das Anfangsniveau bereits über 100 s. Die Probanden der TG1-KA-Gruppe wiesen deutliche Steigerungen der Rumpfkraft auf (siehe Anstieg zu W3). 13 Fälle erreichten zum dritten Messzeitpunkt Plankzeiten weit über 100 s (Abb. 36). Für beide Gruppen zeigten die Einzelfälle ein konsistentes Bild. Tabelle 26 beschreibt die einzelnen Verbesserungen und Verschlechterungen der Rumpfkraftwerte der TG2-T- und der TG1-KA-Gruppe.

Tab. 26. Verbesserungen und Verschlechterungen beim Rumpfkrafttest der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe

	TG1-KA		TG2-T	
	Verbessert	Verschlechtert	Verbessert	Verschlechtert
Anzahl N	21	2	16	6
Gesamtanzahl	23		22	

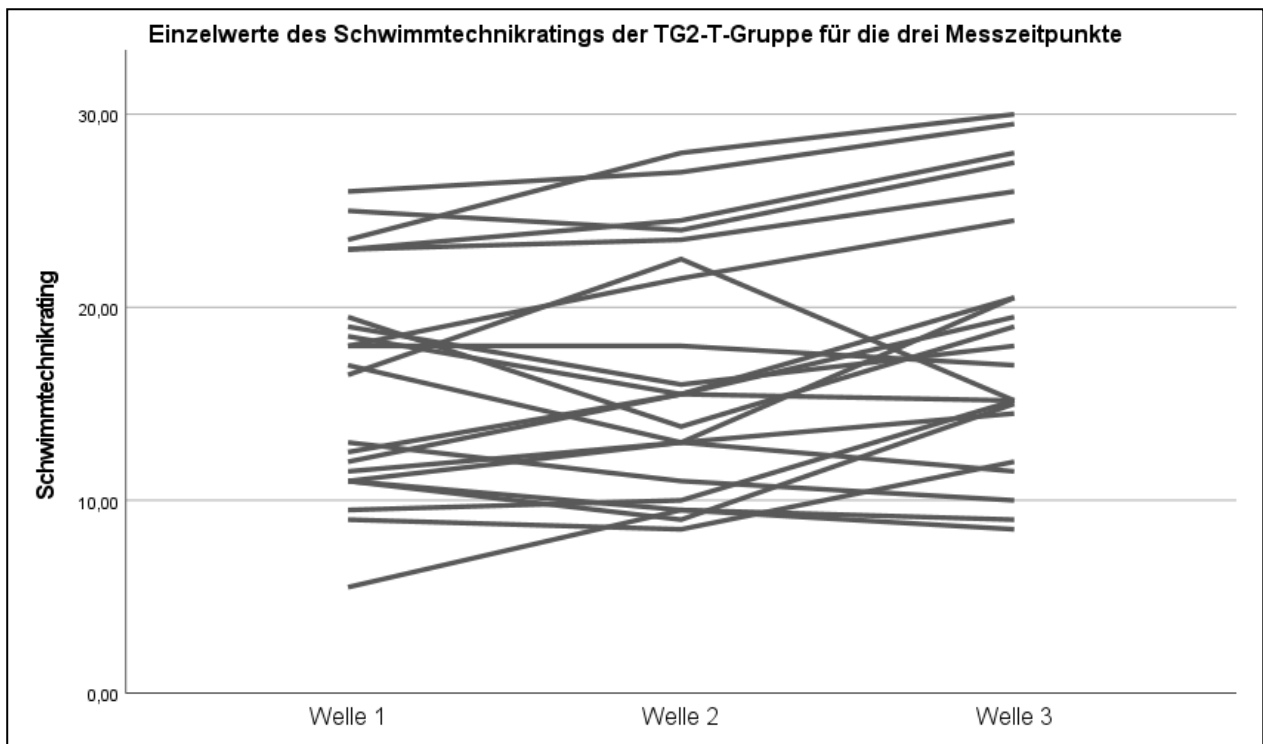


Abb. 37. Einzelfallbetrachtung des Schwimmtechnikratings der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

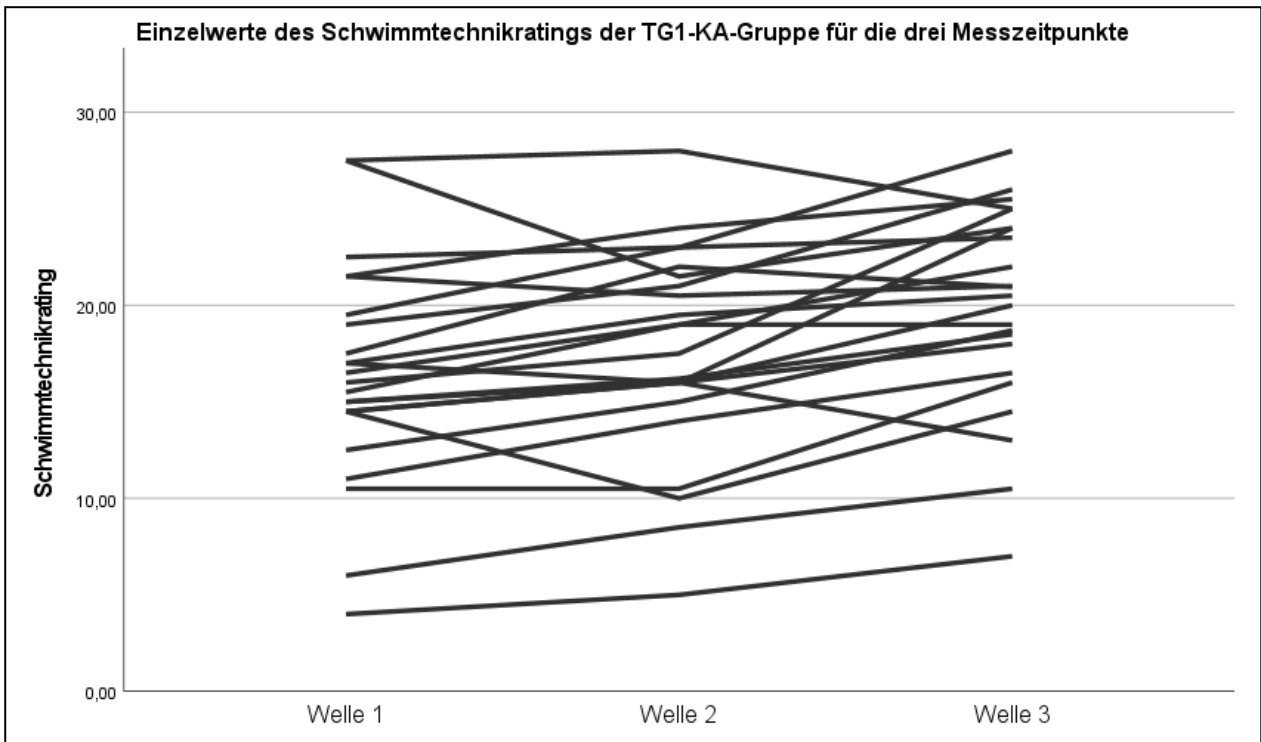


Abb. 38. Einzelfallbetrachtung des Schwimmtechnikratings der TG1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

Die Abbildungen 37 und 38 zeigen die Einzelfälle des Schwimmtechnikratings für die TG2-T- und die TG1-KA-Gruppe. Bis auf wenige Ausnahmen wiesen die Probanden auch hier ein konsistentes Bild, da sich mehrheitlich Steigerungen im Bereich des Technikratings bei beiden Gruppen erkennen lassen. Tabelle 27 zeigt die Anzahl der Verbesserungen und Verschlechterungen im Bereich des Schwimmtechnikratings für die TG1-KA- und die TG2-T-Gruppe.

Tab. 27. Verbesserungen und Verschlechterungen beim Schwimmtechnikrating der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe

	TG1-KA		TG2-T	
	Verbessert	Verschlechtert	Verbessert	Verschlechtert
Anzahl N	18	5	16	6
Gesamtanzahl	23		22	

Es hatten sich deutlich mehr Probanden der TG1-KA-Gruppe im Bereich der Schwimmzeit verbessert als bei der TG-T-Gruppe. Zur Verdeutlichung kann Tabelle 28 herangezogen werden.

Tab. 28. Verbesserungen und Verschlechterungen bei der Schwimmzeit der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe

	TG1-KA		TG2-T	
	Verbessert	Verschlechtert	Verbessert	Verschlechtert
Anzahl N	21	2	13	9
Gesamtanzahl	23		22	

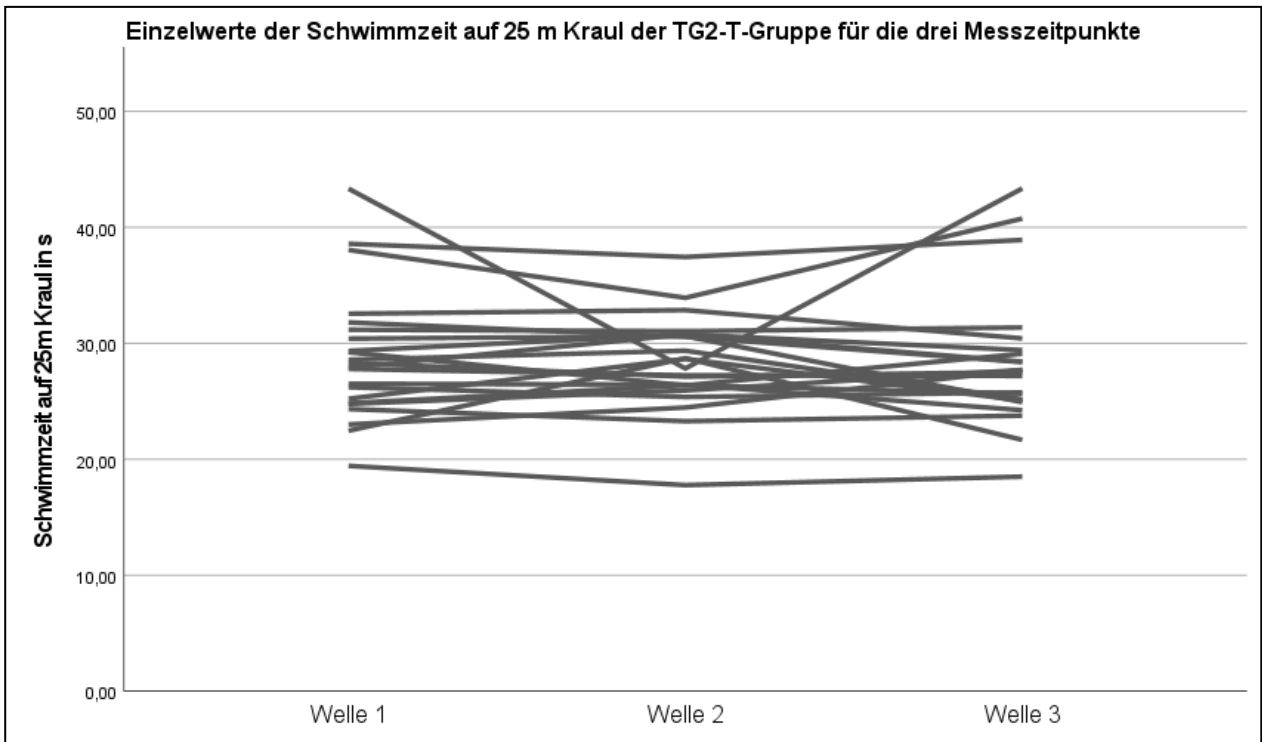


Abb. 39. Einzelfallbetrachtung der Schwimmzeit der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

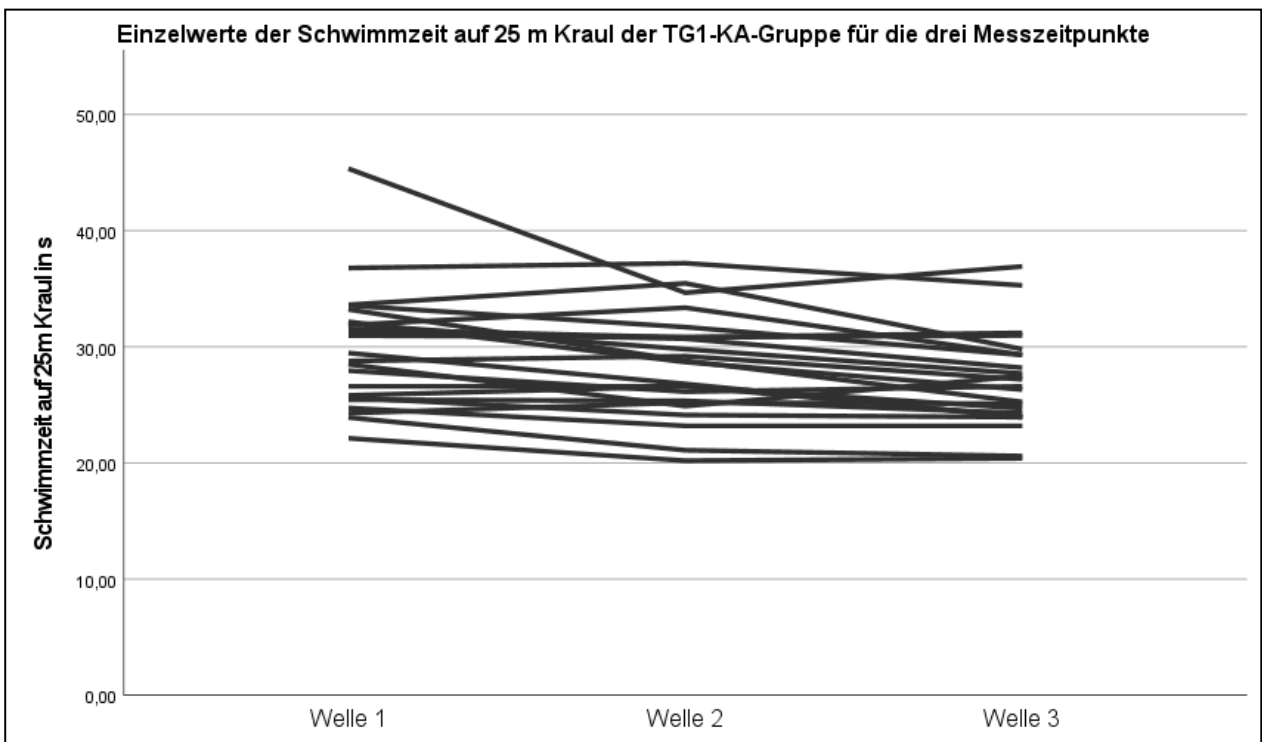


Abb. 40. Einzelfallbetrachtung der Schwimmzeit der TG1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)

Die Einzelfallbetrachtung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul ergab folgendes Bild (Abb. 39 und 40). Die Probanden der TG2-T-Gruppe zeigten mehrheitlich konstante Werte für die Schwimmzeit. Die Teilnehmer der TG1-KA-Gruppe wiesen leicht fallende Tendenzen auf, was einer Leistungssteigerung entspricht. Bis auf wenige Ausnahmen bei der TG2-T-Gruppe waren die Messwerte konsistent. Eine Ausnahme bei einem Probanden der TG2-T-Gruppe ergab sich aus einer deutlichen Zeitverbesserung zum zweiten Messzeitpunkt, aber eine Verschlechterung nach 9 Wochen. Dieser Proband startete bei mehr als 40 s zu W1, erreichte einen Wert unter 30 s und anschließend wieder einen Wert über 40 s zum dritten Messzeitpunkt. Möglicherweise war zu W2 ein Messfehler entstanden, was diesen widersprüchlichen Verlauf erklären könnte. Ein Messfehler zu W3 wäre außerdem denkbar, aber unwahrscheinlich, da kein Proband unabhängig von der Treatmentgruppe bei der Schwimmleistung solch massive Merkmalsveränderungen zeigte.

6.2.3 Betrachtung der absoluten Zugewinne

Verglichen werden in den folgenden Tabellen die absoluten Delta-Zugewinne (Δ) der drei gemessenen Krafftfähigkeiten Rumpkraft, Wurfkraft und Sprungkraft, sowie die Zugewinne der Schwimmtechnik, der Schwimmkraft und der Schwimmleistung für die Kraftausdauer- (TG1-KA) und die Technikgruppe (TG2-T). Berechnet wurden diese Zugewinne aus der Differenz des absoluten Endwertes und dem absoluten Eingangswertes der entsprechenden Variablen.

Tab. 29. Absolute Zugewinne der Rumpf-, Wurf-, Sprung, Schwimmkraft (F_{sw}), der Schwimmtechnik (ST) und der Schwimmleistung (T_{25}) der Kraftausdauergruppe (TG1-KA)

TG1-KA (N = 23, ♀ = 11, ♂ = 12)					
Δ -Rumpf (s)	Δ -Wurf (m)	Δ -Sprung (cm)	Δ - F_{sw} (N)	Δ -ST (Score)	Δ - T_{25} (s)
-4	0,1	-4,59	9,58	-3,5	-3,32
145,7	-0,1	-2,85	10,01	7	-1,12
27,67	0,4	2,31	4,7	3,5	-1,15
82,5	0,1	-7,74	4,44	-0,5	-1,35
25,3	-1,1	-0,5	-9,49	3,45	-1,54
21	-0,2	0,13	5,85	6,5	-3,09
154,2	0,1	1,06	2,81	0	-4,26
172,2	0,2	-0,29	-4,72	5	-4,27
2,5	0,5	-0,95	-5,42	5,5	-1,02
29,2	-0,2	-0,95	16,64	-2,5	0,81
94,96	-0,14	0,22	4,7	3,5	-7,96
136,8	0,2	0,84	2,24	4	-1,73
-14,1	0,2	-14,79	-1,07	2,5	-8,42
123,6	-0,3	-0,01	23,53	5,5	-0,55
124,6	0,4	-2,52	-3,13	4,5	-1,5
138,62	0,02	9,49	15,6	6,2	-5,84
219,4	0,2	-7,8	9,56	-1,5	-1,58
9,7	0	9,81	3,66	3	-2,56
21,9	0,2	-0,56	9,43	4	-3,82
24,5	0,3	-3,27	12,93	5,5	-2,59
364,8	-0,2	2,68	0,99	7	-5,55
88,8	0	-8,83	-0,02	9	0,23
171,1	0,6	16,75	-7,9	3,5	-1,68

Delta-Wurf spielte für die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik offenbar keine übergeordnete Rolle, da hier erstens viele Negativwerte ($N = 7$) erkennbar waren und zweitens die positiven Werte sehr gering ausfielen ($-1,10 < \Delta$ -Wurf $< 0,60$). Lediglich vier Werte lagen über 0,3, so dass die Zugewinne der Wurfkraft als eher gering interpretiert wurden.

Für die Sprungkraft gab es 18 (von 23) negative Werte (i.S. von Verschlechterungen), lediglich zwei deutliche Leistungssteigerungen von 18,07 (TG2-T-Gruppe) und 16,75 cm (TG1-KA-Gruppe). Die absoluten Zugewinne deuten darauf hin, dass die Sprungkraft nicht für Veränderungen im Bereich der Schwimmtechnik, der Schwimmkraft oder der Schwimmleistung verantwortlich zu sein scheint. Dies kann aber erst nach Prüfung der Regression bestätigt werden und zwar dann, wenn die beiden Variablen zu keinem signifikanten Zusammenhang der Differenzwerte führen würden. Es sei an dieser Stelle auf das Kapitel 6.11 Regressionsanalyse verwiesen, indem genauer auf den möglichen Einfluss der Sprungkraft eingegangen wird.

Interessant war, welchen Einfluss die Rumpfkraft auf die Schwimmtechnik hatte. Für den Zugewinn der Schwimmleistung konnte gefolgert werden, dass mit Ausnahme von zwei Fällen sich die Rumpfkraftwerte erhöhten und gleichzeitig eine Schwimmleistungsverbesserung erkennbar war. Auffallend war hier, dass der massive Schwimmleistungszugewinn von -8,42 s, sowie ein geringer Technikzuwachs von 2,5 Punkten im Rating auftrat. Grundsätzlich sind die Verbesserung der Schwimmleistung entweder durch die Kombination aus dem Zugewinn von Rumpfkraft + Technik (5 von 23) oder aus Zugewinn von Rumpfkraft + Schwimmkraft (3 von 23) oder aus allen drei Größen Rumpfkraft + Schwimmkraft + Technik (11 von 23) zu interpretieren. Betrachtet man die Fälle, die sich im Bereich der Schwimmleistung am stärksten verbesserten, so fiel auf, dass Probanden einen deutlichen Rumpfkraftzugewinn von mehr als 100 s zeigten. In diesen Fällen war auch die Schwimmleistungsverbesserung um mehr als 1,5 s und häufig ein positives Techniksore sichtbar. Zusammenfassend kann für diese Gruppe schlussendlich gefolgert werden, dass sie hauptsächlich durch einen Zugewinn an Rumpfkraft die Schwimmleistung deutlich steigern konnte.

Tab. 30. Absolute Zugewinne der Rumpf-, Wurf-, Sprung, Schwimmkraft (F_{sw}), der Schwimmtechnik (ST) und der Schwimmleistung (T_{25}) der Technikgruppe (TG2-T)

TG2-T (N = 22, ♀ = 12, ♂ = 10)					
Δ -Rumpf (s)	Δ -Wurf (m)	Δ -Sprung (cm)	Δ - F_{sw} (N)	Δ -ST (Score)	Δ - T_{25} (s)
-15,63	-0,4	-1,25	-4,84	2,5	-0,93
15,4	-0,4	-0,15	4,22	6,5	-0,57
11,76	0,02	9,59	2,82	8	0,33
31,4	0	0,52	4,56	6,5	2,7
11,26	0,3	-0,91	4,96	3	-2,28
-8,5	0	-5,95	-1,62	-2,5	-3,41
28,1	0,3	-0,98	8,69	3,5	-0,16
47,7	0,5	7,15	2,03	3,5	-0,6
36,74	-0,1	-0,95	-4,45	5	0,02
20,2	0,5	3,93	4,29	3,5	0,84
114,7	-0,07	2,74	-3,06	-1	1,51
43,5	0,1	18,07	-1,35	0,5	-2,13
-11,39	-0,5	2,05	-0,05	3,17	4,7
3,61	-0,1	4,47	-9,33	-1,33	2,93
-13,45	0,6	-2,38	16,33	3	-0,13
7,5	-0,4	-7,06	-2,55	-1	-0,45
24,21	0,18	-3,24	0,49	4	-5,48
31,71	0	-2,72	-0,14	3	0,19
16,75	0,33	0,28	-6,08	1	-3,42
0,1	-0,07	4,08	17,24	-0,5	-0,79
1,65	-0,37	7,46	-7,09	5,67	-0,78
-7,58	-0,33	-2,69	-4,98	-3	-0,93

Etwa die Hälfte der TG2-T-Gruppe verschlechterten ihre Wurfwerte (negatives Δ -Wurf), der andere Teil rangierte zwischen 0 und 0,6. Auch bei dieser Gruppe lagen die Delta-Wurf-Werte sehr niedrig, so dass die Wurfkraft offenbar nicht für die Veränderung der Schwimmleistung verantwortlich gemacht werden konnte. Dasselbe Bild ergab sich für die Delta-Sprung-Werte. Die Hälfte der TG2-T-Gruppe zeigte negative Werte und Verbesserungen über 10 cm blieben die absolute Ausnahme. Daraufhin lohnte die Betrachtung der Rumpfkraftwerte in Kombination mit den Werten für die Schwimmtechnik, die Schwimmkraft und die Schwimmleistung. Fünf von 22 Fällen zeigten negative Werte für die Rumpfkraft, der Rest der Gruppe verbesserte diese Werte. Die Steigerungen im Bereich der Rumpfkraft lagen zwischen 0,1 und 114,7 s und damit deutlich niedriger verglichen mit der TG1-KA-Gruppe. Zwölf Probanden der TG2-T-Gruppe konnten bei der Schwimmkraft keine positiven Werte präsentieren. Die Steigerungen bei der Schwimmkraft fielen insgesamt mit Ausnahme zweier Fälle (+17,24 N, +16,33 N) sehr gering aus. Dennoch konnten insgesamt 14 Probanden eine Schwimmleistungsverbesserung zeigen, die offensichtlich auf zwei Größen zurückzuführen waren. Die geringe Rumpfkraftentwicklung (wenngleich diese deutlich niedriger als bei TG1-KA ausfiel) in Kombination mit den positiven Werten bei der Schwimmtechnik (N = 16) deuten auf die Zugewinne der Schwimmleistung für die TG2-T-Gruppe hin. Dies glich bedingt der TG1-KA-Gruppe, welche die Schwimmleistungsveränderungen durch Zugewinne der Rumpfkraft, der Schwimmkraft und der Schwimmtechnik erzielte.

6.3 Schwimmerische Leistungsvoraussetzungen

6.3.1 Körperbau (anthropometrische Daten)

Insbesondere bei jungen Athleten können natürliche Wachstumsprozesse für eine Veränderung im Bereich der Kraft bzw. der sportlichen Leistung verantwortlich sein. Daher ist die Betrachtung der anthropometrischen Daten sinnvoll. Bisher waren sehr junge Kinder als Probandengruppe im Zusammenhang mit der Kraftentwicklung in der Forschung eher unterrepräsentiert, so dass hierzu noch wenig bekannt ist. Dennoch beschrieben Beunen und Tomis (2000) in einem Review, dass sehr junge Kinder einen geradlinigen Kraftzuwachs verzeichneten und sich geschlechtsspezifisch bei der Kraftentwicklung (Rudolph, 1999; Meinel & Schnabel, 2007) sowie in morphologischen und physiologischen Aspekten (Bar-Or, 1996) nur minimal unterschieden. Ein weiterer aktuellerer Review bestätigt, dass die Kraftzuwächse während der Vorpubertät zwischen den Geschlechtern gleich verlaufen (Peitz, Behringer & Granacher, 2018). Auch bei einem 5-monatigen Schwimmtraining mit der kritischen Schwimmgeschwindigkeit konnten keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei vorpubertären Kindern für die Schwimmleistung identifiziert werden (Thanopoulos, Rozi, Hatzilia, Dopsaj & Lampadari, 2014). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass Mädchen, die jünger

als 10 Jahre waren, die Schwimmzeiten von gleichaltrigen Jungen unterbieten konnten (Knechtle, Dalamitros, Barbosa, Sousa, Rosemann & Nikolaidis, 2020). Dies untermauert die geschlechtsunabhängige Betrachtung der Messwerte, wenngleich für pubertäre und postpubertäre Probanden geschlechtsspezifische Effekte wohl bekannt sind (Morais et al., 2014; Costa, Bragada, Marinho, Silva & Barbosa, 2012) und sich diese auch in unterschiedlicher Schwimmleistung niederschlagen (Vaso, Knechtle, Rüst, Rosemann & Lepers, 2013; Vorontsov, Binevsky, Filonov & Korobova, 1999). Auch die etwa gleiche Verteilung von Jungen und Mädchen in allen vier Gruppen erlaubte die geschlechtsunabhängige Betrachtung der Ergebnisse.

Tabelle 31 zeigt die Mittelwerte und die Standardabweichungen der für die Körperhöhe und die Körpermasse der vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, KG, TG2-VFB) für alle drei Messzeitpunkte. Die Kontrollgruppe (KG) – als älteste Gruppe – wies die größte Wachstumsveränderung im Bereich der Körperhöhe auf, gefolgt von der Videofeedbackgruppe. Die beiden Kraftausdauergruppen (TG1a-RK, TG1b-VK) präsentierten geringere Wachstumswerte.

Bezüglich der Körpermasse nahmen TG1a-RK und TG2-VFB am meisten zu. Die Körpermassenzunahme der KG und der TG1b-VK fiel geringer aus.

Tab. 31. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg aller vier Gruppen (KG: Kontrollgruppe, TG1a-RK: Rumpfkraftgruppe, TG1b-VK: Vortriebskraftgruppe, TG2-VFB: Videofeedbackgruppe) für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	TG1a-RK N = 12 ♀ = 6, ♂ = 6		TG1b-VK N = 11 ♀ = 5, ♂ = 6		TG2-VFB N = 10 ♀ = 5, ♂ = 5		KG N = 12 ♀ = 7, ♂ = 5	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe_W1	133,67	9,25	133,18	6,09	129,98	6,53	140,58	7,15
Körperhöhe_W2	134,17	9,07	133,77	5,96	130,65	6,46	141,36	7,02
Körperhöhe_W3	134,71	9,08	133,77	6,25	131,35	6,62	142,17	6,77
Körpermasse_W1	30,63	4,91	29,30	6,14	27,10	4,29	33,93	6,08
Körpermasse_W2	30,63	5,06	29,85	5,96	26,35	2,77	34,93	5,70
Körpermasse_W3	31,85	4,88	30,09	6,20	28,35	4,72	34,62	6,29

Nach Sichtung des Shapiro-Wilk-Tests ($p > 0,05$), des Q-Q-Plots und des Histogramms konnte eine Normalverteilung angenommen werden.

Der Mauchly-Test war nicht signifikant ($p > 0,05$), so dass die Sphärizität angenommen werden durfte. Für die Körperhöhe nach 9 Wochen ergab sich eine hochsignifikante Veränderung ($F_{2;82} = 41,73$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,504$). Die vier Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander ($F_{6;82} = 1,741$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,113$).

Für die Körpermasse ergab sich folgendes Bild: Nach Sichtung des Shapiro-Wilk-Tests ($p > 0,05$), des Q-Q-Plots und des Histogramms konnte eine Normalverteilung angenommen werden.

Der Mauchly-Test war signifikant ($p < 0,05$), so dass die Sphärizität nicht angenommen werden konnte und die Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\varepsilon < 0,75$)

zum Einsatz kam. Für die Körpermasse nach 9 Wochen wurde ein sehr signifikanter Wert berechnet ($F_{1;54} = 6,419$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,135$). Die vier Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander ($F_{4;54} = 1,634$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,107$).

Für die Betrachtung der Anthropometrie wurden die Körperhöhe in cm und die Körpermasse in kg herangezogen. Eine große Körperhöhe scheint insbesondere für die Schwimmleistung, gleich welche Strecke oder Distanz, vorteilhaft zu sein (Pla, Leroy, Massal, Bellami, Kaillani, Hellard, Toussaint & Sedeaud, 2019; Mazzilli, 2019; Shephard, Pritchard-Peschek, Skinner & Bolam, 2014). Außerdem wird berichtet, dass die anthropometrischen Daten Einfluss auf die Kraft des Schwimmers haben (Morais et al., 2018).

Um etwaige Wachstumsprozesse und daraus resultierende Vorteile zu identifizieren, wurde diese Variable für die vorpubertären Athleten zu allen drei Testzeitpunkten protokolliert. Neben der Körperhöhe konnte zudem die Massezunahme über alle Testzeitpunkte für die Probanden erhoben werden. Diese Entwicklung kann für Sprintdistanzen von großer Bedeutung sein (Pla et al., 2019).

KG zeigte die größte Wachstumsentwicklung (+1,59 cm), gefolgt von der TG2-VFB (+1,37 cm). Die TG1a-RK und TG1b-VK (TG1a-RK: +1,07 cm; TG1b-VK: +0,59 cm) wiesen geringe Veränderungen bei der Körperhöhe auf. Würden sich die beiden Technikgruppen hinsichtlich der Schwimmzeit am stärksten verbessern, würde sich eine genaue Betrachtung der Wachstumsprozesse lohnen. Die Verbesserung der Schwimmzeit könnte daher unter anderem durch das Wachstum erklärt werden. Das trifft hier allerdings nicht zu. Das heißt, die Gruppen mit dem größten Längenwachstum konnten am Ende der jeweiligen Interventionen im Vergleich zu den anderen Gruppen nicht die beste Entwicklung ihrer Schwimmleistung liefern.

Die Wachstumsprozesse im Bereich der Körperhöhe rangierten zwischen 0,59 und 1,59 cm und waren hochsignifikant, wenngleich sich die vier Gruppen nicht signifikant unterschieden haben. Bezüglich der Körpermasse veränderten sich die Werte bei der TG2-VFB (+1,25 kg) am stärksten, gefolgt von der TG1a-RK (+1,22 kg). Die KG- und die TG1b-VK-Gruppe wiesen hier geringere Werte auf (KG: +0,69 kg; TG1b-VK: +0,79 kg). Das Intervall für die Massenzunahme lag zwischen 0,69 und 1,25 kg.

Um einen Vergleich der anthropometrischen Daten der Kinder mit der Allgemeinheit treffen zu können, wurden die Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) des Robert-Koch Instituts herangezogen (Stolzenberg, Kahl & Bergmann, 2007). Dabei sind anthropometrische Daten (u.a. Körperhöhe und Körpermasse) von insgesamt 17 641 Kindern (8656 Mädchen, 8985 Jungen) im Alter von 0 bis 17 Jahren erfasst (Stolzenberg et al. 2007). Für den Vergleich interessierten jedoch nur die 7- bis 10-Jährigen. Die Kinder wiesen nach Stolzenberg und Kollegen (2007) unabhängig vom Geschlecht einen parallelen Wachstumsverlauf auf, wenngleich die Jungen in jeder der Altersstufen (7 – 10 J) 1 bis 2 cm größer als die Mädchen waren. Der gemittelte Wert der Körperhöhe lässt sich bei der Erhebung von Stolzenberg und Kollegen (2007) für die 9- bis 10-jährigen Kinder auf 141,20 cm beziffern (Tab. 32). Ähnliche Werte für die Körperhöhe präsentiert die

Untersuchung des Flemish-Sports Compass bei 9- bis 11-jährigen Schwimmern (Opstoel, Pion, Elferink-Gemser, Hartman, Willemse, Philippaerts, Visscher & Lenoir, 2015). Der Mittelwert der Schwimmerkinder der vorliegenden Studie lag für die 9- bis 10-Jährigen deutlich niedriger, so dass die Athleten bis zu 5 cm kleiner waren, als die 9- bis 10-Jährigen der KiGGS-Erhebung oder der Flemish-Sports Compass Erhebung (Stolzenberg et al., 2007; Opstoel et al., 2015).

Tab. 32. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der 9- bis 10-jährigen Kinder dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit Gleichaltrigen der KiGGS-Studie (Stolzenberg et al., 2007) und 9- bis 11-Jährigen der Flemish-Sports Compass Studie (Opstoel et al., 2015)

	Schwimmerstudie (N = 45)		KiGGS-Studie (N = 17 641)		Flemish-Sports Compass (N = 620)	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe	136,08	8,60	141,20	3,31	141,87	8,29
Körpermasse	31,22	6,01	36,08	2,63	35,56	7,56

Die Körpermasse der 9- bis 10-jährigen Kinder der vorliegenden Studie fiel im Vergleich zu den vorgenannten Studien (Stolzenberg et al., 2007; Opstoel et al., 2015) bis zu 5 kg leichter aus. Die hier untersuchten Probanden (9 – 10 J) waren zu Beginn der Erhebung im Vergleich zu anderen Studien also deutlich kleiner und leichter.

Für die jüngeren Athleten im Alter zwischen 7 und 8 Jahren konnte lediglich ein Vergleich mit der KiGGS-Studie getroffen werden, da diese Altersklasse beim Flemish-Sports Compass nicht einbezogen wurde. Gegensätzlich zur Datenlage für 9- bis 10-jährige Kinder, zeigte sich für die 7- bis 8-Jährigen ein konträres Bild (Tab. 33).

Tab. 33. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der 7- bis 8-jährigen Kinder dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit Gleichaltrigen der KiGGS-Studie (Stolzenberg et al., 2007)

	Schwimmerstudie (N = 45)		KiGGS-Studie (N = 17 641)	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe	132,86	7,48	130,13	3,54
Körpermasse	29,46	5,58	28,48	2,19

Die Probanden der Schwimmerstudie im Alter zwischen 7 und 8 Jahren waren zu Beginn der Untersuchung nahezu 3 cm größer als die Teilnehmer der KiGGS-Studie. Außerdem brachten sie etwa 1 kg mehr auf die Waage als die KiGGS-Probanden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die 9- bis 10-jährigen Athleten dieser Studie geringfügig kleiner und leichter waren, die 7- bis 8-jährigen Kinder jedoch schwerer und größer als die durch die KiGGS-Studie erhobene Grundgesamtheit bei 7 bis 10-jährigen Kindern in Deutschland.

Tabelle 34 zeigt die Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) für die Körperhöhe (cm) und Körpermasse (kg) für die Kraftausdauer- und die Technikgruppe. Während die TG2-T-Gruppe bei Betrachtung der Körperhöhe 1,5 cm innerhalb der 9 Wochen zulegte, konnte die TG1-KA-Gruppe hier lediglich ein Plus von 0,83 cm vorweisen.

Bei Zusammenführung der beiden Kraftausdauer- bzw. Technikgruppen, zeigte sich eine annähernd gleiche Entwicklung bei der Massenzunahme. Für TG2-T-Gruppe wurde ein Zuwachs von 0,95 kg, für die TG1-KA-Gruppe eine Zunahme von 1,01 kg ermittelt.

Tab. 34. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der beiden Gruppen TG1-KA und TG2-T für alle drei Messzeitpunkte (W1,...W3)

	TG1-KA N = 23 ♀ = 11, ♂ = 12		TG2-T N = 22 ♀ = 12, ♂ = 10	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Körperhöhe_W1	133,43	7,73	135,76	8,62
Körperhöhe_W2	133,98	7,57	136,49	8,58
Körperhöhe_W3	134,26	7,70	137,25	8,55
Körpermasse_W1	30,00	5,45	30,82	6,27
Körpermasse_W2	30,26	5,39	31,03	6,28
Körpermasse_W3	31,01	5,49	31,77	6,36

Nach Sichtung des Shapiro-Wilk-Tests ($p > 0,05$), des Q-Q-Plots und des Histogramms konnte eine Normalverteilung angenommen werden.

Der Mauchly-Test war nicht signifikant ($p > 0,05$), so dass die Sphärizität angenommen werden durfte. Für die Körperhöhe nach 9 Wochen ergab sich eine hochsignifikante Veränderung ($F_{2;86} = 43,106$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,501$). Die zwei Gruppen unterschieden sich jedoch signifikant voneinander ($F_{2;86} = 3,723$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,08$).

Für die Körpermasse der beiden Gruppen konnte eine Normalverteilung durch den Shapiro-Wilk-Test ($p > 0,05$), den Q-Q-Plot und das Histogramm angenommen werden. Der Mauchly-Test musste signifikant ($p < 0,05$) eingestuft werden, so dass die Greenhouse-Geisser-Korrektur ($\epsilon < 0,75$) zum Einsatz kam. Für den Unterschied nach 9 Wochen ergab sich: $F_{1;55} = 5,802$, $p < 0,05$, $\eta^2 = 0,119$. Die beiden Gruppen unterschieden sich jedoch nicht signifikant ($F_{1;55} = 0,007$, $p > 0,05$, $\eta^2 = 0,00$).

6.3.2 Diskussion der Anthropometrie der Kraftausdauer- und der Technikgruppe

Auch nach Zusammenlegung der beiden Technikgruppen sowie der Kraftausdauergruppen konnten Zugewinne an Körperhöhe und Körpermasse ermittelt werden. Sowohl das Längenwachstum ($p < 0,001$), als auch die Massenzunahme ($p < 0,05$) änderten sich signifikant. Die Wachstumsprozesse betreffend wies die TG2-T-Gruppe ein größeres Längenwachstum als die TG1-KA-Gruppe auf (TG2-T: +1,49 cm, TG1-KA: +0,83 cm). Diese unterschiedliche Entwicklung im Bereich der Körperhöhe wurde als signifikant ($p < 0,05$) eingestuft, so dass sich die TG2-T-Gruppe von der TG1-KA-Gruppe abhob.

Im Bereich der Körpermasse konnte kein Unterschied festgestellt werden, so dass sich beide Gruppen ähnlich entwickelten (TG2-T: +0,95 kg, TG1-KA: +1,01 kg). Die etwa gleiche Massenzunahme beider Gruppen spricht für eine ähnliche Entwicklung. Jedoch fiel das Längenwachstum bei der TG2-T größer aus, als bei der TG1-KA-Gruppe. Schwimmspezifische Verbesserungen (z.B. Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Schwimmleistung) könnte demnach auch durch das Längenwachstum zu erklären sein. Dies müsste jedoch durch eine Regressionsanalyse bestätigt werden, weshalb an dieser Stelle auf Kapitel 6.11 verwiesen wird.

6.4 Sprungkraft beim Counter Movement Jump

6.4.1 Ergebnis und Diskussion der Sprungkraft beim Counter Movement Jump bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe

Die Anzahl, die Mittelwerte, die Standardabweichungen der Variable CMJ der beiden Gruppen Technik und Kraftausdauer für die drei Messzeitpunkte werden in Tabelle 35 beschrieben.

Tab. 35. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Sprunghöhe in cm sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Counter Movement Jumps der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Sprung_W1			Sprung_W2			Sprung_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	22,79	4,81	-5,50	21,60	3,81	+4,26	22,52	3,50	-1,24
TG2-T N = 22	21,87	4,27	-8,41	20,03	4,62	+7,04	21,44	4,47	-1,97

Die Technikgruppe verringerte den anfänglichen Mittelwert nach 4 Wochen um 8,41 Prozent. Über den gesamten Testzeitraum wurde eine Reduzierung der Sprungleistung von 1,97 Prozent registriert. Im Vergleich zur Technikgruppe startete die Kraftausdauergruppe mit einem ähnlich hohen Anfangswert. Auch die TG1-KA-Gruppe verzeichnete einen geringeren Mittelwert nach 4 Wochen im Vergleich zum Anfangswert. Zwar erhöhte die Kraftausdauergruppe diesen Wert im zweiten Testzeitraum um 4,26 Prozent, dennoch verringerte sich die Sprungleistung beim Counter Movement Jump bei Betrachtung des gesamten Testzeitraums auch bei dieser Gruppe um 1,24 Prozent. Abbildung 41 veranschaulicht die Sprungleistung beim Counter Movement Jump der Technik- und Kraftausdauergruppe zu den drei Messzeitpunkten.

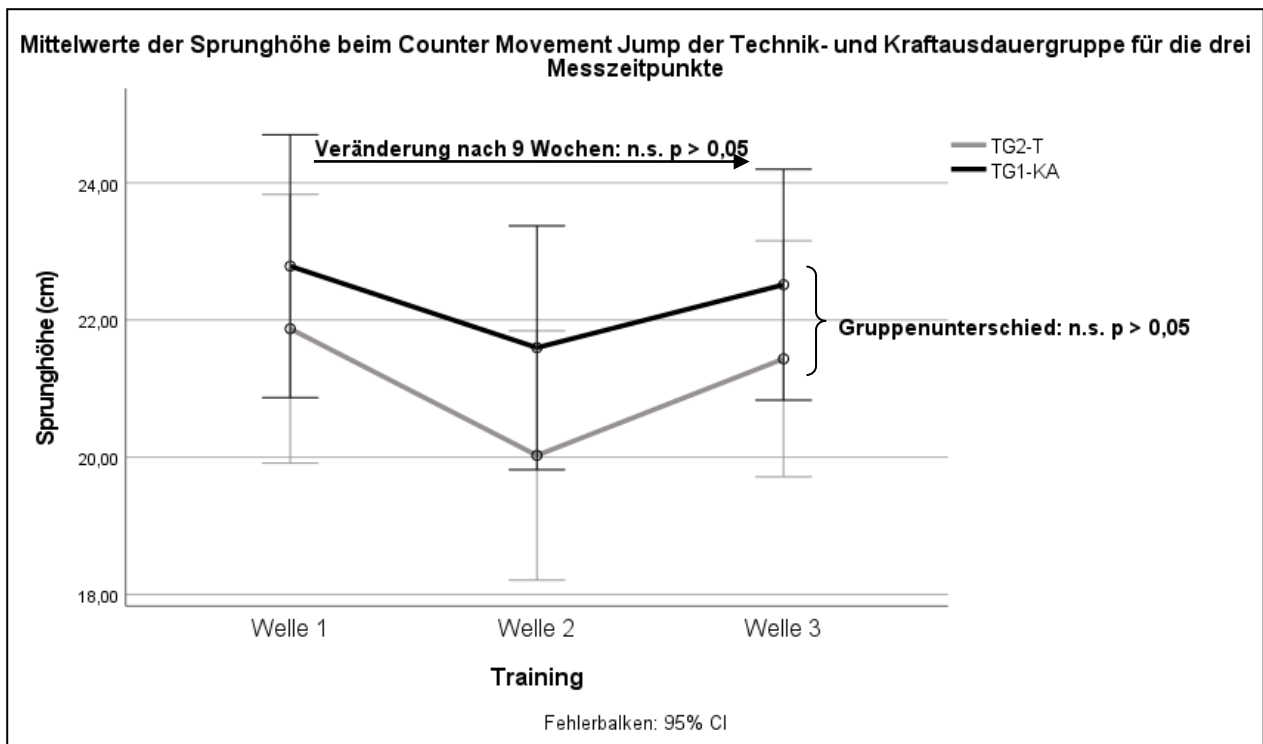


Abb. 41. Veränderung der Sprungleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Nach Sichtung des Histogramms, der Q-Q-Plots und des Shapiro-Wilk-Tests konnte für alle Messzeitpunkte für die Variable CMJ eine Normalverteilung angenommen werden ($p > 0,05$).

Die Voraussetzungen für die ANOVA sind erfüllt. Der Mauchly-Test ist nicht signifikant ($p < 0,05$), die Sphärizität ist damit gegeben. Keine der vier Gruppen veränderte den Wert beim CMJ signifikant ($F_{2;86} = 2,893$, $p = 0,061$, $\eta^2 = 0,063$). Der Einfluss des Treatments (Training * Treatment) ist nicht signifikant ($F_{2;86} = 0,285$, $p = 0,753$, $\eta^2 = 0,007$), so dass sich die Gruppen nach 9 Wochen nicht signifikant unterscheiden.

Bei der Gegenüberstellung der beiden Teilgruppen TG1-KA und TG2-T ergibt sich folgendes Bild. Für beide Gruppen (TG1-KA und TG2-T) kann keine Leistungsverbesserung im Bereich der Sprungkraft registriert werden (TG1-KA: $-1,24\%$, TG2-T: $-4,15\%$). Diese Entwicklung ist überraschend, da zumindest eine konstante Sprungkraftleistung erwartet wurde. Im Hinblick auf die Trainingsplangestaltung muss geschlussfolgert werden, dass weder das Kraftausdauertraining noch das Techniktraining die Sprungkraft der unteren Extremitäten so trainierte, dass eine Steigerung im Counter Movement Jump verzeichnet werden konnte. Unabhängig davon stand das Sprungkrafttraining nicht im Mittelpunkt dieser Untersuchung, sondern sollte lediglich die Kraftdiagnostik komplettieren. Die Leistungssteigerungen im Bereich der Schwimmzeit oder der Schwimmtechnik sind nicht auf die Sprungkraft zurückzuführen, da diese sich bei allen Gruppen nicht signifikant veränderte ($p > 0,05$).

Des Weiteren ist es im Rahmen der vorliegenden Studie als zweifelhaft anzusehen, ob die Sprungkraft bei einem Start mit Abstoß vom Beckenrand überhaupt die Schwimmleistung auf 25 m beeinflusst. Der Grund hierfür ist nach subjektiver Beobachtung, dass der Abstoß der jungen Athleten kaum in stromlinienförmiger Gleitlage (Arme in Gleitlage) und selten in horizontaler Richtung (Abstoß häufig nach unten oder nach oben) erfolgte, so dass man selbst bei verbesserter Beinstreckkraft aufgrund mangelnder Ausführung des Abstoßes vom Beckenrand mit großem Widerstand sowie trivialen Veränderungen bei der Schwimmzeit rechnen muss.

Unbestritten ist, dass die Arme den Vortrieb beim Schwimmen der Lagen Kraul, Schmetterling und Rückenraul dominieren. Die Vortriebswirkung der Beinbewegung wurde über die Jahre kontrovers diskutiert. Lange Zeit war man der Ansicht, dass die Beine lediglich eine Stabilisationsfunktion erfüllen, um den Körper stromlinienförmig zu halten (Bucher, 1975). Counsilman (1977) schlussfolgerte, dass der Beinarbeit ab einer Schwimmgeschwindigkeit von $1,5 \text{ ms}^{-1}$ keine Vortriebswirkung mehr zukommt. Andere Autoren zeigten, dass der Beinschlag Vortrieb erzeugt (Swaine & Doyle, 1999; 2010), so dass sich die Sprintleistung im Schnitt um 10 Prozent erhöht (Deschodt, Arzac & Rouard, 1999; Schleihauf, 1979; 1986; Morris, Osborne, Shephard, Skinner & Jenkins, 2016). Zwei jüngere Untersuchungen haben verdeutlicht, dass die Beinarbeit keinen signifikanten Beitrag zum Vortrieb leistet, aber das Absinken des Körpers verhindert und somit den Widerstand reduziert (Gourgoulis, Boli, Aggeloussis, Toubekis, Antoniou, Kasimatis, Vezos, Michalopoulou, Kambas & Mavromatis, 2014; Psycharakis & Yanai, 2018). Im Vergleich zur Armarbeit zahlt der Schwimmer durch den Beinschlag einen hohen Preis, da die Beinbewegung für eine vortriebswirksame Leistung wesentlich mehr Energie verbraucht als die Bewegung der Arme (Maglischo, 2003). Einigkeit herrscht bei einigen Autoren dennoch, dass die Beinarbeit (v.a. die Beinstreckkraft) insbesondere durch den Startsprung und die Wenden einen leistungsrelevanten Parameter für die Schwimmleistung darstellt (Miyashita Takahashi, Troup & Wakayoshi, 1992; Garcia-Ramos, Tomazin, Feriche, Strojnik, La Fuente, Argüelles-Cienfuegos, Strumbelj & Stirn, 2016; Rudolph, 2008; Costill et al., 1995; Wilke, 1992; Gourgoulis et al., 2014; Tor & Pease, 2015; Bishop, 2020).

Ob, und wenn ja, in wie weit die Beinstreckkraft die Schwimmleistung bzw. die Schwimmtechnik bei Kindern beeinflusst, muss kritisch reflektiert werden. In der Studie von Miyashita und Kollegen (1992) wurde Beinstreckkraft von Elite Schwimmern und Altersklassen-Athleten untersucht. Die Ergebnisse bekräftigen, dass sowohl die zurückgelegte Tauchstrecke nach Start und Wende als auch die Schwimmstrecke zur 5-Metermarkierung in signifikanter Weise ($r = 0,76$) von der Beinstreckkraft abhängt (Miyashita et al., 1992). Garcia-Ramos und Kollegen (2016) bestätigen die Ergebnisse von Miyashita und Kollegen (1992). Auch hier korrelierten die Leistungen im Trockentraining mit der Startleistung über 5, 10 und 15 m (Garcia-Ramos et al., 2016). Untersucht wurden Squad Jumps, Counter Movement Jumps sowie Squad Jumps mit zusätzlichem Gewicht (25-, 50-, 75- und

100% des Körpergewichts). Bei letzterer Übungsform konnte der größte Zusammenhang ($r = 0,50$ bis $0,68$) mit der Schwimmstartleistung nachgewiesen werden (Garcia-Ramos et al., 2016). Zwei weitere Studien untersuchten die Beinstreckkraft und die Schwimmgeschwindigkeit beim Kraulschwimmen auf 200 m und 25 Yards bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen und fanden hohe (Jungen: $r = 0,73$, Mädchen, $r = 0,59$, Barzdukas, Spry, Cappaert & Troup, 1992), beziehungsweise keine Korrelationswerte (r -Wert nicht angegeben, Johnson, Sharp & Hedrick, 1993). Der signifikante Altersunterschied der Probandengruppen beider Studien (14 – 22 J, Johnson et al., 1993; Jungen: 13 – 16 J, Mädchen: 14 – 18 J; Barzdukas et al., 1992) kann die kontroversen Ergebnisse durch den Einfluss des altersbedingten Wachstums auf die Schwimmleistung erklären (Vorontsov, 2011; Morouço et al., 2012; Arellano & Mercade, 2010; Formitchenko, 1999). Ein spezielles Krafttraining für die Beinmuskulatur zielt darauf ab, die Starts und Wenden zu optimieren. Die regelmäßige Ausführung von Squat Jumps und Counter Movement Jumps führt jedoch nicht zwangsläufig zu Verbesserungen der Start- oder Schwimmleistung (Pérez-Olea, Valenzuela, Aponte & Izquierdo, 2018; Schmidtbleicher, 2002).

Positive Veränderungen wären aber beim Training mit Squat Jumps mit zusätzlichem Gewicht zu erwarten (z.B. +50% bis +75% des eigenen Körpergewichts, Benjanuvatra, Edmunds & Blanksby, 2007; Garcia-Ramos et al., 2016).

Der Einfluss der Beinkraft auf die Startleistung wurde von West und Kollegen (2011) untersucht. Die Ergebnisse zeigen hohe Korrelationen zwischen der Startleistung und der Maximalkraft ($r = -0,74$), der Sprunghöhe ($r = -0,69$), maximalen ($r = -0,85$) und der relativen Schnellkraft ($r = -0,66$, West, Owen, Cunningham, Cook & Kilduff, 2011). Eine aktuelle Studie untersuchte die Auswirkungen der Maximalkraft beim Bankdrücken und der Kniebeuge bei 17-jährigen Athleten auf die 100 m Kraulzeit und zeigte einen großen Zusammenhang, da 45 bis 62 Prozent der Varianz des Kriteriums Schwimmleistung auf 50 und 100 m durch die Prädiktoren erklärt wurde (Keiner, Wirth, Fuhrmann, Kunz, Hartmann & Haff, 2021).

Die Beinkraft scheint die Schwimmstartleistung positiv zu beeinflussen, was mehrfach belegt wurde (West et al., 2011; Keiner et al., 2021; Bishop et al. 2013; Miyashita et al. 1992; Garcia-Ramos et al., 2016; Thng, Pearson & Keogh, 2019). Insbesondere für die Sprinter wird das Trockentraining in Form von Sprüngen mehrfach empfohlen (Girola, Jalab, Bernard, Carette, Kemoun, Dugué, 2012; Miyashita et al., 1992; Dingley, Pyne, Youngson & Burkett, 2015).

Allerdings existieren wiederum auch viele Belege dafür, dass die Beinkraftkomponenten die Schwimmleistung auf 50 m nicht beeinflussen (Hawley, Williams, Vikovic & Handcock, 1992; Rohrs et al., 1990; Johnson et al., 1993; Strzala & Tyka, 2009; Garrido et al., 2010a). Bei diesen genannten Studien könnten Nebeneffekte durch die Stichprobe (Alter, Geschlecht und mögliches Wachstum) aufgetreten sein, die die Validität der Korrelationen erklärt (Morouço et al., 2012). Grundsätzlich gibt es Indizien, dass sich ein 8-wöchiges Sprungkrafttraining bei jugendlichen Schwimmern positiv auf die 5,5 m Zeit auswirkt (Bishop, Smith, Smith & Rigby,

2009) und bei Erwachsenen die Startzeit vom Block verbessert (Rejman et al., 2017). Bei Erwachsenen konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der 50 m Freistilleistung und der 50 m Kraulbeine-Leistung ermittelt werden ($r = 0,78$, $p < 0,05$), aber kein Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe beim Counter Movement Jump und der 50 m Freistilleistung (Pérez-Olea et al., 2018).

Sowohl der Startsprung als auch die Wende war für die Kinder dieser Untersuchung nicht von Bedeutung, da aus dem Wasser gestartet und lediglich eine Bahn auf der 25 m Bahn geschwommen wurde.

Insofern ist die wissenschaftliche Lage nicht eindeutig. Alle der hier gesichteten Studien im Bereich der Beinkraft und der Schwimmleistung untersuchten postpubertäre Probanden und nicht, wie in der vorliegenden Arbeit präpubertäre Kinder. Im Rahmen dieser Studie konnte keine Untersuchungen gesichtet werden, die den Einfluss des Counter Movement Jumps auf die Schwimmleistung vorpubertärer Kinder thematisierte. Daher können die bisher publizierten Ergebnisse nur bedingt zum Vergleich mit den Daten dieser Probanden dienen.

6.4.2 Ergebnis und Diskussion der Sprungkraft beim Counter Movement Jump bei Verteilung der Gruppen

Die Anzahl, die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die prozentualen Veränderungen der erzielten Leistungen beim Counter Movement Jump für die drei Messzeitpunkte können aus Tabelle 36 entnommen werden.

Tab. 36. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Sprunghöhe in cm sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Counter Movement Jumps der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Sprung_W1			Sprung_W2			Sprung_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1a-RK N = 12	23,58	5,55	-3,6	22,76	3,98	+3,69	23,60	3,20	+0,08
TG1b-VK N = 11	21,92	3,93	-7,8	20,33	3,35	+4,97	21,34	3,58	-2,71
TG2-VFB N = 10	19,33	3,28	-0,36	19,26	3,68	+3,37	19,91	4,03	+3,00
KG N = 12	24,00	3,90	-13,88	20,67	5,35	+9,87	22,71	4,57	-5,38

Tabelle 36 weist aus, dass

- die Kontrollgruppe zu Beginn der Tests den höchsten Wert im Bereich des Counter Movement Jumps zeigte. Dieser Wert verringerte sich um 13,88 Prozent. In der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums kam es zu einer 9,87-prozentigen Erhöhung des Mittelwerts. Insgesamt zeigte diese Gruppe eine Reduzierung über den gesamten Zeitraum von 5,38 Prozent.
- TG1a-RK den anfänglichen Mittelwert über 9 Wochen hinweg nicht wesentlich steigern konnte. Eine 3,6-prozentige Verringerung des Anfangswertes steht einer 3,69-prozentigen Steigerung gegenüber, was insgesamt einer Veränderung von 0,08 Prozent entspricht.

- die TG1b-VK-Gruppe zunächst eine negative Entwicklung von 7,8 Prozent nach den ersten 4 Wochen zeigte. Sie steigerte diesen Wert innerhalb der zweiten 4 Wochen (W2: $\bar{x} = 20,33$, $SD = 3,35$) und schloss die Sprungleistung mit einem im Vergleich zum Anfangswert niedrigerem Mittelwert ab. Für die 9 Wochen steht damit eine 2,71-prozentige Reduzierung des Mittelwertes für die TG1b-VK fest.
- die TG2-VFB den Eingangswert kaum im ersten Teil der Untersuchung veränderte. Im zweiten Teil konnte sie den Sprungwert erhöhen, so dass eine Veränderung von 3 Prozent für den gesamten Zeitraum registriert wurde.

Abbildung 42 zeigt die Entwicklung der Sprunghöhe der vier Gruppen nach den drei Messzeitpunkten.

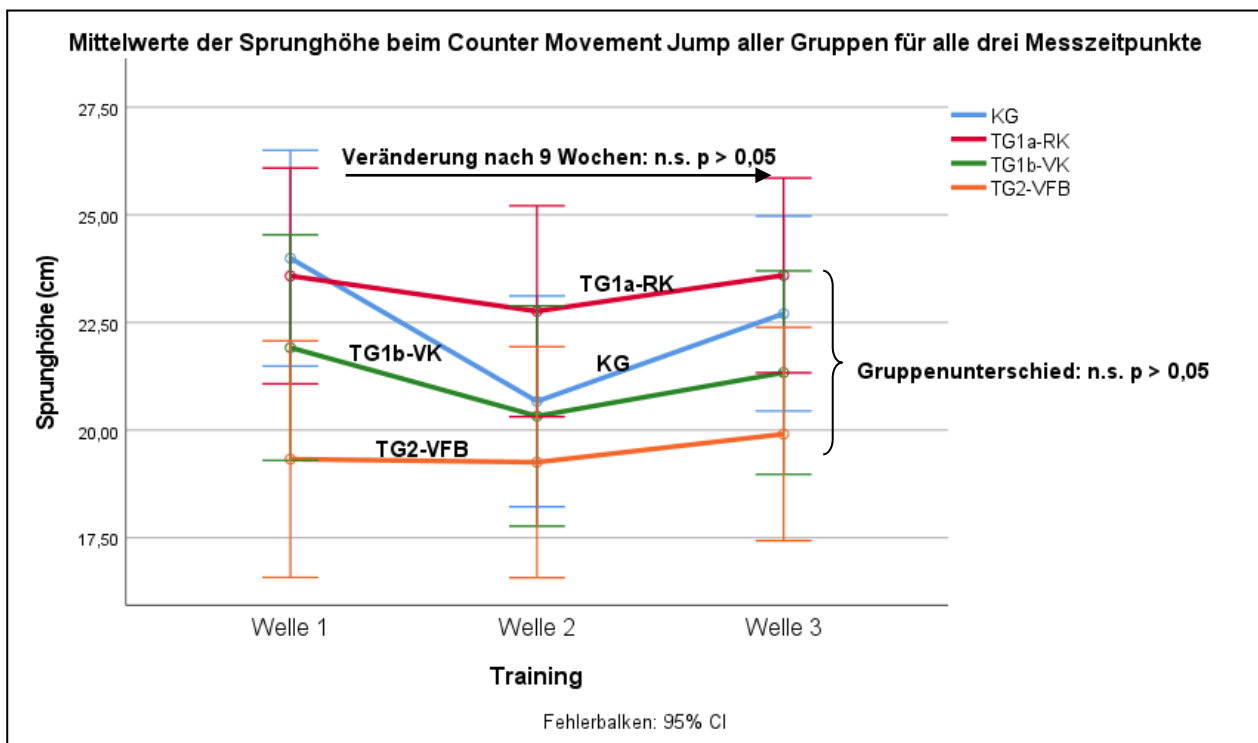


Abb. 42. Veränderung der Sprunghöhe der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Der Shapiro-Wilk-Test gab für W3 der Rumpfkraftgruppe einen signifikanten Wert aus ($p < 0,05$). Nach Sichtung der Q-Q-Plots und des Histogramms konnte hier eine etwa Normalverteilung angenommen werden. Für alle weiteren Werte des Shapiro-Wilk-Tests wurde die Messreihen als normalverteilt eingestuft ($p > 0,05$).

Der Mauchly-Test ist nicht signifikant ($p > 0,05$), so dass die Sphärizität angenommen werden durfte. Für das Training nach 9 Wochen ergab sich ($F_{2;82} = 2,624$, $p = 0,79$, $\eta^2 = 0,60$). Keine der vier Gruppen konnte die Sprungleistung statistisch signifikant verändern.

Für den Einfluss des Treatments auf das Training (Training * Treatment) konnte kein signifikanter Wert registriert werden ($F_{6;82} = 0,76$, $p = 0,60$, $\eta^2 = 0,053$). Das

heißt, es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den vier Gruppen festgestellt werden.

Die Sprungleistungen der Kinder aller Gruppen schienen sich weder nach vier, noch nach 9 Wochen zu verbessern. Die KG-Gruppe verschlechterte den Eingangswert sogar um 9 Prozent. Diese Gruppe hatte keinerlei Kraftausdauertraining an Land und entsprechend dem Trainingsplan auch keine Schwerpunkte im Bereich des Trainings der unteren Extremitäten. Man hätte eher keine Veränderung erwartet, denn ein reines Schwimmtechniktraining im Wasser sollte sich nicht positiv auf die Sprungleistung an Land auswirken. Warum sich alle vier Gruppen insbesondere nach 4 Wochen im Bereich des Sprungs verschlechtern, ist unklar. Vergleicht man die Eingangs- mit den Ausgangsmittelwerten aller vier Gruppen, so könnte durchaus von einer in etwa konstanten Entwicklung gesprochen werden.

TG2-VFB konnte nach der 9-wöchigen Intervention eine geringe, wenn auch nicht signifikante ($p > 0,05$) Steigerung von etwa 3 Prozent verzeichnen. Die Statistik stellt keinen signifikanten Unterschied ($p > 0,05$) zwischen der KG und der TG2-VFB fest. Die TG2-VFB führte kein Kraftausdauertraining durch, daher hätte man im Vergleich zur KG-Gruppe eine ähnliche Entwicklung erwartet. Dennoch ist klar, dass sich im Hinblick auf das Alter die beiden Technikgruppen unterscheiden. Die TG2-VFB stellte die jüngsten ($\bar{q} = 8,23$, $SD = 0,87$), die KG-Gruppe die ältesten Teilnehmer ($\bar{q} = 9,13$, $SD = 0,72$). Es ist hier schwer nachvollziehbar, warum die ältere Gruppe sich nach dieser Intervention verschlechterte, wohingegen die jüngere Gruppe eine leichte Verbesserung zeigte. Grundsätzlich würde man eine Leistungssteigerung beim Sprung eher bei den Älteren erwarten, da sie sich näher an der Pubertät befinden und damit nicht nur neuronale Anpassungen zeigen (Gabriel et al., 2006), sondern möglicherweise auch geringe Hypertrophieeffekte (Malina, 2006; Malina, 2004; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1994).

Die erreichten Sprunghöhen sind nur bedingt mit den Ergebnissen bisheriger Untersuchungen für 8-jährige (Baptista, Mil-Homens, Carita Al & Sardinah, 2016) oder 11-jährige Kinder (Bencke, Damsgaard, Saekmose, Jørgensen, Jørgensen & Klausen, 2002) vergleichbar. Die deutlich größere Streuung der Sprunghöhen beim Counter Movement Jump in dieser Untersuchung kann durch die größere Heterogenität der Probanden erklärt werden. Während die Athleten der Studie von Baptista und Kollegen (2016) mit ausschließlich 8 Jahren eine Sprunghöhe zwischen 19,9 und 20,5 cm erreichten, erzielten die hier untersuchten Kinder zwischen 7 und 10 Jahren Sprunghöhen zwischen 10,28 und 32,31 cm. Der Maximalwert der Sprunghöhe dieser Untersuchung übertrifft sogar die maximale Sprunghöhe der 11-jährigen Kinder der Studie von Bencke und Kollegen (2002).

Tab. 37. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Sprunghöhen in cm beim Counter Movement Jump bei 7 bis 10-Jährigen dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit 8- (Baptista et al., 2016) und 11-jährigen Kindern (Bencke et al., 2001)

	Schwimmerstudie (7–10 J) N = 45		Baptista et al., 2016 (8 J) N = 114		Bencke et al., 2002 (11 J) N = 184	
Sprunghöhe CMJ	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
	21,72	4,26	20,20	keine Angabe	23,50	keine Angabe

Die TG1a-RK wie auch die TG1b-VK konnten trotz des Kraftausdauertrainings keine Steigerung im Bereich der Sprungkraft erzielen. Die Rumpfkraftgruppe weist gleichbleibende Messergebnisse auf, wohingegen die TG1b-VK die Anfangsleistung sogar noch verschlechtert. Es muss an dieser Stelle berücksichtigt werden, dass es sich bei dem Kraftausdauertraining nicht um ein plyometrisches Sprungkrafttraining handelte, weshalb die Ergebnisse wenig überraschen. Die positiven Auswirkungen eines plyometrischen Trainings gekoppelt mit einem Schwimmtraining konnten sogar für vorpubertäre Kinder hinreichend belegt werden (Sammoud et al., 2019). Die Reize beim Counter Movement Jump und der Kniebeuge in dieser Untersuchung waren als einzige Trainingsübungen für die unteren Extremitäten offensichtlich zu gering, um eine Leistungssteigerung beim Counter Movement Jump zu generieren. Für das Sprungkrafttraining für Kinder und Jugendliche wird empfohlen, 3 bis 4 Sprungübungen bei 2 bis 4 Sets mit je 6 bis 15 Wiederholungen an zwei Tagen der Woche (bei dazwischenliegender 72-stündiger Pause) über einen Zeitraum von 8 bis 10 Wochen durchzuführen (Bedoya, Miltenberger & Lopez, 2015; Phillips, 2018). Des Weiteren liegen Ergebnisse vor, die nahelegen, dass mehrere Sprungvarianten (Counter Movement Jump, Drop Jump, Squat Jump) eingesetzt werden sollten, statt lediglich einer Sprungform (Villarreal, Kellis, Kraemer & Izquierdo, 2009). Der Einsatz weiterer Sprungvarianten (Drop Jump, Standing Long Jump) als Testverfahren wäre auch aus diagnostischer Sicht interessant gewesen, da sie den Leistungsabfall zum Zeitpunkt W2 entweder verifizieren oder falsifizieren könnten. Eine schwimm-spezifische Größe, z.B. Abstoß plus Schwimmzeit bis 5 m würde ebenfalls den Einfluss der Beinkraft deutlicher darstellen und somit ein klareres Bild für die Diagnostik der Beinstreckkraft liefern.

Auch wenn die Trainingsreize in diesen Interventionen für eine signifikante Sprunghöhenzunahme wohl zu gering waren, zeigen die Daten dennoch, dass es sich bei den Probanden um durchschnittlich trainierte Kinder handelte, da sie ähnliche Sprunghöhen wie Gleichaltrige anderer Untersuchungen erreichten.

6.5 Wurfkraft beim Medizinballstoß

6.5.1 Ergebnis und Diskussion der Wurfkraft beim Medizinballstoß bei Zerteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe

Im Bezug auf die Wurfleistung kamen bei der Unterteilung in die Technik- und die Kraftausdauergruppe folgende Ergebnisse heraus (siehe Tab. 38).

Tab. 38. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Stoßweite in m sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Medizinballstoßes der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Wurf_W1			Wurf_W2			Wurf_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	2,82	0,53	-1,44	2,78	0,58	+3,60	2,88	0,56	+2,16
TG2-T N = 22	3,02	0,63	-2,37	2,95	0,43	+2,37	3,02	0,54	0,00

Die Technikgruppe zeigte über den gesamten Testzeitraum keine Veränderung der Wurfleistung (0%). Nach 4 Wochen verringerte diese Gruppe den Mittelwert um 2,37 Prozent, steigerte diesen im zweiten Teil der Untersuchung um denselben Prozentsatz. Die Kraftausdauergruppe reduzierte den Mittelwert der Wurfleistung anfänglich um 1,44 Prozent. Diese Gruppe steigerte die Leistung beim Medizinballstoß über den gesamten Testzeitraum um 2,16 Prozent. Abbildung 43 präsentiert die Entwicklung der Wurfleistung der Technik- und der Kraftausdauergruppe nach den drei Messzeitpunkten.

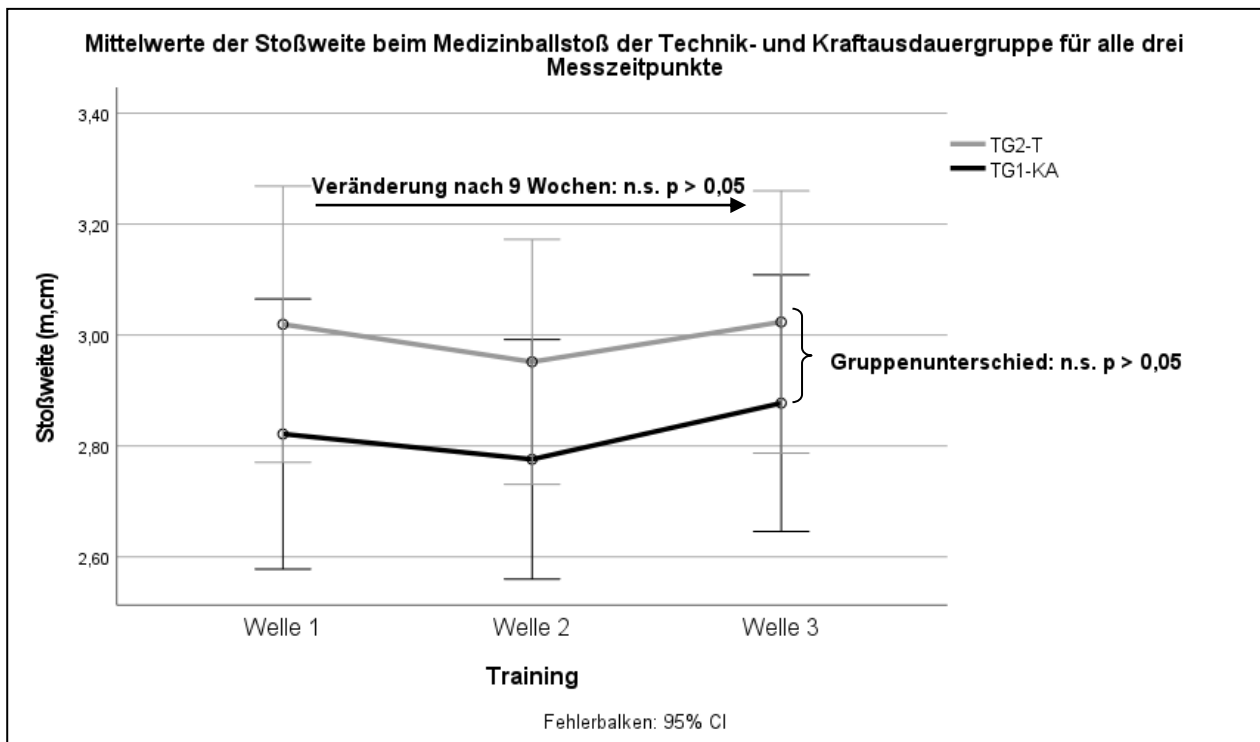


Abb. 43. Veränderung der Wurfleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Nach Sichtung der Histogramme, der Q-Q-Plots und des Shapiro-Wilk-Tests konnte die Normalverteilung für alle Messreihen der Wurfleistung angenommen werden ($p > 0,05$).

Der Mauchly-Test der ANOVA wurde als nicht signifikant ($p > 0,05$) eingestuft, so dass die Sphärizität angenommen werden kann. Keine der beiden Gruppen zeigte eine signifikante Veränderung nach der jeweiligen Intervention ($F_{2;86} = 1,400$, $p = 0,252$, $\eta^2 = 0,032$). Die ANOVA liefert auch zwischen diesen beiden Gruppen (TG1-KA, TG2-T) keinen signifikanten Unterschied ($F_{2;86} = 0,121$, $p = 0,886$, $\eta^2 = 0,003$).

Bei der Betrachtung des gesamten Testzeitraums der Kraftausdauer- und der Technikgruppe ergab sich folgendes Bild: Die Technikgruppe zeigte keine Veränderung im Bereich der Wurfleistung, die TG1-KA-Gruppe wies eine geringe 2-prozentige Steigerung auf. Diese Ergebnisse überraschten nicht, da ein Training der Kraftausdauer (in diesem Fall vorrangig das der TG1b-VK) eher eine Steigerung der Armkraft und damit der Wurfleistung bewirkt, als das reine Techniktraining im Wasser, bzw. das Videofeedbacktraining. Eine mögliche Leistungssteigerung der Schwimmzeit könnte zwar von der Armkraft abhängen (Sharp et al., 1982, Sharp, 1986), da die Kraftausdauergruppe eine 2-prozentige Steigerung aufwies, die Technikgruppe jedoch nicht. Aber bei der Betrachtung der Statistik zeigte sich, dass sich die beiden Gruppen statistisch nicht voneinander unterschieden. Die Verbesserung der Schwimmzeiten über die 25 m Kraulstrecke

hing daher nicht von der Sprungkraft (siehe Kapitel 6.4) und auch nicht von der Wurfkraft ab.

6.5.2 Ergebnis und Diskussion der Wurfkraft beim Medizinballstoß bei Vierteilung der Gruppen

Die Anzahl, die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die prozentualen Veränderungen der erzielten Leistungen beim Medizinballstoß für die drei Messzeitpunkte können aus Tabelle 39 entnommen werden.

Tab. 39. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Wurfweite in m sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Medizinballstoßes aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Wurf_W1			Wurf_W2			Wurf_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1a-RK N = 12	2,93	0,43	0,00	2,93	0,54	-0,69	2,91	0,55	-0,69
TG1b-VK N = 11	2,71	0,62	-3,83	2,61	0,61	+8,81	2,84	0,59	+4,98
TG2-VFB N = 10	2,69	0,63	+1,49	2,73	0,49	+1,10	2,76	0,56	+2,59
KG N = 12	3,29	0,49	-5,11	3,13	0,28	+3,51	3,24	0,43	-1,54

Tabelle 39 weist aus, dass

- die Kontrollgruppe ihre Wurfleistung nach 4 Wochen um -5,11 Prozent und auch nach dem gesamten Testzeitraum veränderte, so dass eine Reduzierung um 1,54 Prozent nach der Intervention zu verzeichnen war.
- TG1a-RK ihren Anfangswert nach 4 Wochen nicht veränderte. In den darauffolgenden Wochen kam es zu einer Verringerung des Mittelwertes bei der Stoßleistung um 0,69 Prozent.
- die Vortriebskraftgruppe (TG1b-Vk) die größte Veränderung hinsichtlich der Wurfleistung beim Medizinballstoß zeigte. Der Anfangswert wurde nach 4 Wochen unterboten, was einer prozentualen Veränderung von -3,83 Prozent entspricht. Diesen Wert konnte die TG1b-VK wieder deutlich erhöhen, so dass eine gesamte Veränderung von +4,98 Prozent protokolliert wurde.
- die Videofeedbackgruppe eine geringe positive Veränderung nach 4 Wochen (+1,49%) und nach 9 Wochen (+1,10 %) zeigte, was einer Entwicklung um +2,59 Prozent entspricht.

Abbildung 44 veranschaulicht die Entwicklung der Wurfleistung bei allen vier Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

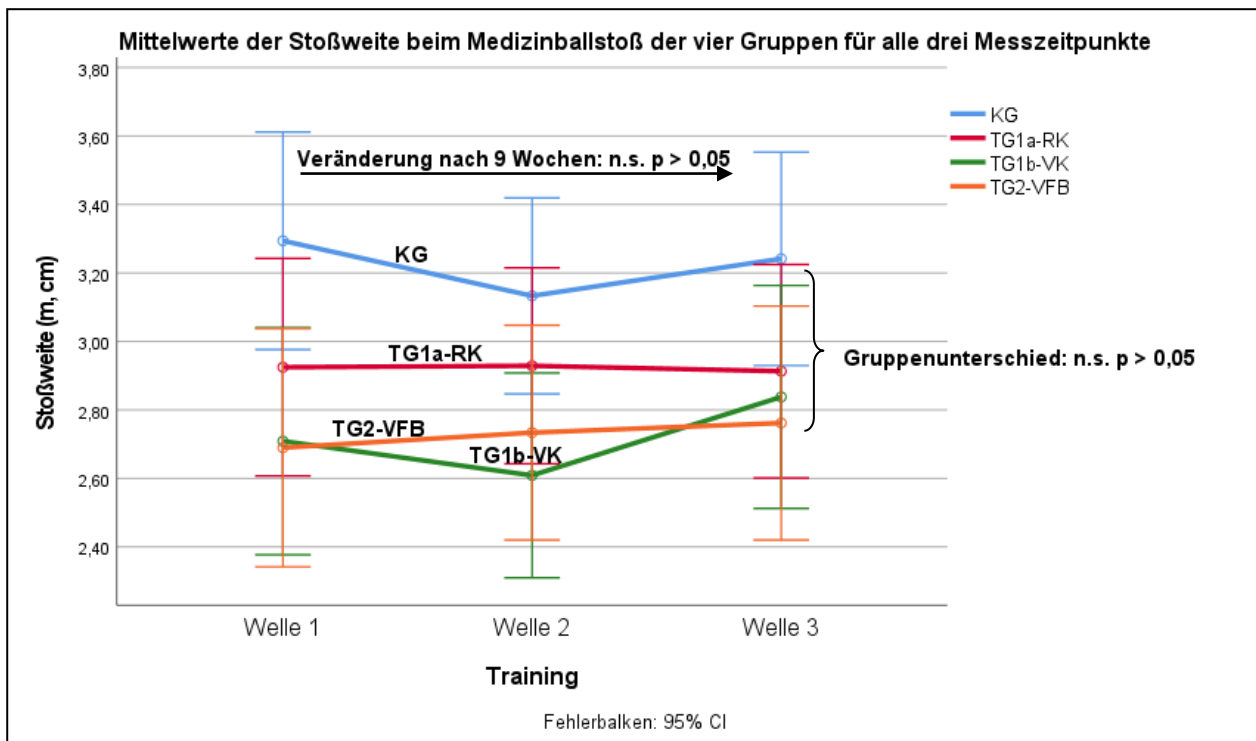


Abb. 44. Veränderung der Leistung beim Medizinballstoß der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Nach der Betrachtung der Histogramme, der Q-Q-Plots und des Shapiro-Wilk-Tests konnte für alle Messreihen die Normalverteilung angenommen werden ($p > 0,05$). Die ANOVA gab zunächst den Mauchly-Test aus ($p > 0,05$), so dass die Sphärizität gegeben ist. Keine der vier Gruppen konnte nach dem 9-wöchigen Training eine signifikante Veränderung der Wurfleistung erzielen ($F_{2;82} = 1,408$, $p = 0,250$, $\eta^2 = 0,033$). Des Weiteren unterschieden sich die vier Gruppen aus statistischer Sicht in ihrer Wurfleistung nicht ($F_{6;82} = 0,824$, $p = 0,555$, $\eta^2 = 0,057$).

Die KG-Gruppe verschlechterte ihre Wurfleistung (-1,54%). Eine Verbesserung dieser Variable hätte man dennoch erwartet, obwohl die Gruppe lediglich die Schwimmtechnik, nicht aber Kraftausdauer oder die Wurftechnik trainierte. Das reine Wassertraining scheint aufgrund der Daten keinen Einfluss auf die Armkraft im Bereich der Wurfleistung für diese Gruppe zu haben. Es ist hier fraglich, warum die Athleten dieser Gruppe die Wurfleistung verschlechterten, da man davon ausgehen sollte, dass die Kinder durch ein Schwimmtraining zumindest keine rückläufige Entwicklung nehmen. Bei genauer Betrachtung der Datenlage fällt auf, dass nach 4 Wochen eine 5-prozentige Verschlechterung eintrat, im zweiten Verlauf der Studie sich die Wurfkraftwerte der KG-Gruppe allerdings um 3,5 Prozent verbesserten. Es wäre denkbar, dass im weiteren Verlauf des Trainings diese positive Tendenz auch zu einer positiven Gesamtbilanz für die Armkraftwerte führt und diese Gruppe möglicherweise eine längere Anpassungszeit benötigt. Dafür bräuchte man aber weitere Datenerhebungen nach beispielsweise 12 oder 15 Wochen. Auch ein weiterer Armkraftwurfstest aus der Sitzposition am Boden könnte ein präziseres Bild für die Entwicklung der Armkraft für die vorpuberären Kinder

liefern. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass bei dieser Messmethode auch die Rumpfkraft angesprochen wird.

Die andere Technikgruppe (TG2-VFB) zeigte eine leichte Verbesserung der Wurfwerte. Ähnlich wie bei der Sprungleistung konnte sich die TG2-VFB leicht steigern, die KG-Gruppe jedoch nicht. Beide Gruppen hatten ein Techniktraining im Wasser und im Fall der TG2-VFB ein Videofeedbacktraining umzusetzen, so dass eine signifikante Steigerung im Bereich der Kraft nicht unbedingt zu erwarten war. Diese Annahme wurde in beiden Fällen bestätigt. Jedoch ist davon auszugehen, dass das Videofeedbacktraining (visuelle Lerneffekte) eine Verbesserung der Schwimmtechnik bewirkt. Ob daraus auch eine verbesserte Armkraft resultiert, ist bisher unklar. In der Studie von Bencke und Kollegen (2002) wiesen 11-jährige Éliteschwimmer (mit besserer Schwimmtechnik und höherem Trainingsumfang) höhere Armkraftwerte auf als Nicht-Éliteschwimmer.

In der TG1a-RK war eine triviale Veränderung von weniger als ein Prozent messbar. Da der Wurf hauptsächlich durch die Streckung der Ellenbogen realisiert wird, konnte eine signifikante Steigerung für die TG1a-RK an dieser Stelle nicht erwartet werden. Das Trainingsprogramm im Rahmen des Kraftausdauertrainings der TG1a-RK wies keine Streckbewegungen der Ellenbogen auf und fokussierte sich auf die Rumpfkraftigung, wodurch die konstanten Werte im Bereich der Wurfkraft die Annahmen bestätigten.

Die TG1b-VK steigerte ihre Wurfleistung nicht signifikant ($p > 0,05$), aber dennoch um fast 5 Prozent. Keine der anderen Gruppen zeigte solch eine Verbesserung. Grundsätzlich ist diese Entwicklung wenig überraschend, da das Programm der Vortriebskraft die Beugung und Streckung der Arme beinhaltet (z.B. Liegestütz). Das Training der Vortriebsmuskulatur lohnt sich auch im Hinblick auf die Muskelbalance als Kompensationstraining der Schulterrotatoren bei 14- bis 15-jährigen Wettkampfschwimmern (Batalha et al., 2015). Strzala und Tyka (2009) berichten, dass die maximale und die durchschnittliche Kraft der oberen Extremitäten bei jungen Schwimmern (15 – 17 J) stark mit der Schwimgeschwindigkeit auf 100 m korreliert. Auch eine andere Studie kam zu dem Schluss, dass jugendliche Schwimmer (13 – 15 J) von einer verbesserten Armkraft profitieren, da sie eine größere Zugkraft über einen längeren Zeitraum generieren (Sortwell, 2011). Allerdings standen in den genannten Studien pubertäre Athleten im Fokus, so dass die Ergebnisse nicht zwangsläufig für vorpubertäre Kinder gelten. Es lässt sich für diese Studie aussagen, dass die TG1b-VK im Bereich der Armkraft die größte Steigerung verzeichnete.

Der Medizinballstoß gilt als valides und reliables Tool zur Messung der Armkraft bei Erwachsenen und Kindern (Faigenbaum, 2005; Davis et al., 2008; Salonia et al., 2004; Duncan et al., 2018; Harries et al., 2011; Adams et al., 2000; Mayhew et al., 1993). Auch wenn der Medizinballstoß im Rahmen dieser Arbeit lediglich als Testverfahren zur Evaluation der Armkraft zum Einsatz kam, so kann ein Medizinballtraining für Kinder durchaus gewinnbringend als Trainingsinhalt eingesetzt werden (Faigenbaum & Mediate, 2006; Szymanski et al., 2007; Ignjatovic et al., 2012). Die Auswirkungen dieses Trainings sollten zukünftig im Hinblick auf die Schwimmleis-

tung und die Schwimmtechnik für vorpubertäre Kinder im Interesse der Forschung stehen.

Grundsätzlich existieren noch weitere Messmethoden, um die Armkraft zu evaluieren. Jedoch eignen sich insbesondere für die vorpubertären Kinder weder isokinetische (Scott, 2001; 2018a; 2018b; Swaine, 1997; 2000; Konstantaki, Trowbridge & Swaine, 1998; Ganter, Witte, Edelmann-Nusser, Heller, Schwab & Witte, 2007; Hermsdorf, 2012; Hahn & Strass, 2017; Höltke, Theek & Verdonck, 2000), noch biokinetische (Sharp, Troup & Costill, 1982; Costill et al., 1983; Yancher et al., 1983; Dingley et al., 2015), noch Wingate Geräte (Hawley & Williams, 1991), da diese in der Regel für Erwachsene und nicht für vorpubertäre Kinder konzipiert sind. Ungeachtet der eingeschränkten Verwendungsmöglichkeiten werden solche Diagnosegeräte auch bereits bei sehr jungen Athleten (11 – 12 J) eingesetzt (Popovici & Suci, 2013). Da einige Aktivitätsmuster bereits im frühen Kindesalter beginnen, bedarf es valider und reliabler Messverfahren für diese Altersklasse (Hands & Larkin, 2006).

6.6 Rumpfkraft beim Plank Test (Unterarmstütz)

6.6.1 Ergebnis und Diskussion der Rumpfkraft beim Plank Test bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe

Tabelle 40 zeigt die Ergebnisse der Rumpfkraftleistung der Technik- und der Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte.

Tab. 40. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Unterarmstützzeit in s sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Plank Test der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Rumpf_W1			Rumpf_W2			Rumpf_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	61,84	33,73	+12,65	69,66	49,77	+123,64	155,79	106,47	+135,29
TG2-T N = 22	68,77	45,58	+5,22	72,36	43,66	+19,53	86,49	59,04	+24,75

Die Technikgruppe zeigte nach 4 Wochen eine 5,22-prozentige Erhöhung des Mittelwertes. Im gesamten Untersuchungszeitraum konnte eine Steigerung von 24,75 Prozent festgestellt werden. Für die ersten beiden Messzeitpunkte der Kraftausdauer Gruppe ergab sich eine Veränderung von 12,65 Prozent. Für den Posttest konnte ein hoher Mittelwert gemessen werden, was einer 135,29-prozentigen Steigerung über den gesamten Zeitraum entspricht. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklung der Rumpfkraft für beide Gruppen.

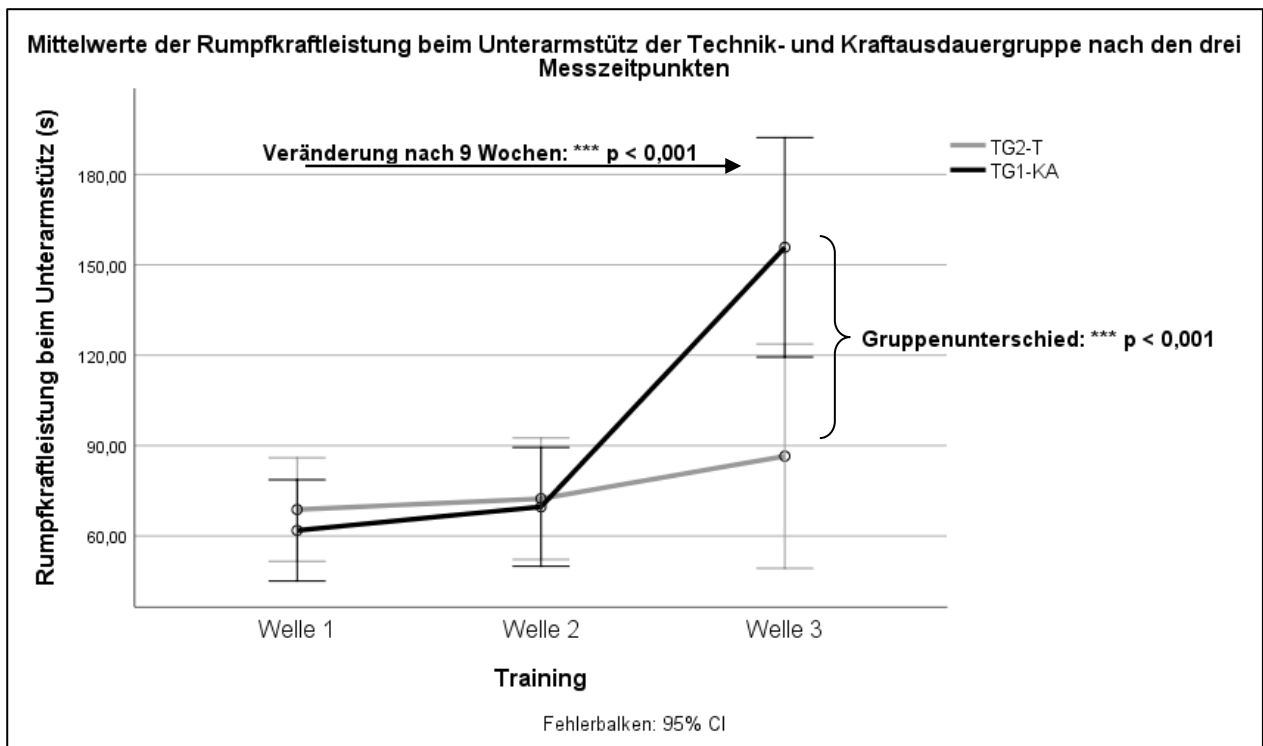


Abb. 45. Veränderung der Rumpfkraftleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Bei Betrachtung der Histogramme, der Q-Q-Plots und des Shapiro-Wilk-Tests ($p > 0,05$) konnte für alle Messreihen eine etwa Normalverteilung angenommen werden. Der Mauchly-Test ist signifikant ($p < 0,05$), so dass die Sphärizität nicht angenommen werden darf. Es wurde stattdessen die Greenhouse-Geisser Korrektur der Freiheitsgrade angewendet ($\varepsilon < 0,75$). Für das Training nach 9 Wochen konnte ein hochsignifikanter Wert errechnet werden ($F_{1;56} = 23,768$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,356$). Daraus folgt, dass alle Gruppen ihre Rumpfkraft signifikant steigern konnten ($p < 0,001$). Für den Einfluss des Treatments ergab sich folgendes Resultat: $F_{1;56} = 11,558$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,212$. Die beiden Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich der Rumpfkraft signifikant ($p < 0,001$).

Beim Vergleich der beiden Gruppen fiel auf, dass eine 25-prozentige Veränderung (TG2-T) einer über 100-prozentigen (TG1-KA) Verbesserung gegenüber stand. In diesem Fall sind die Ergebnisse nicht überraschend, da das Kraftausdauertraining die Rumpfkraft anspricht. Folglich waren auch die Testergebnisse bei der TG1-KA-Gruppe um ein Vielfaches besser als bei der Technikgruppe. Diese beiden Gruppen wiesen nach der 9-wöchigen Intervention einen statistisch hochsignifikanten Unterschied auf ($p < 0,001$). Es schien, als ob Leistungssteigerung im Bereich der Schwimmleistung auf 25 m Kraul weder durch die Sprungkraft der Beine, noch durch die Wurfkraft der Arme, wohl aber durch die signifikante Veränderung im Bereich der Rumpfkraft bei 7- bis 10-jährigen Kindern erklärt werden können. Dies müsste jedoch durch eine Regression noch bestätigt werden.

Der Einfluss eines Core-Trainings auf die Schwimmleistung von vorpubertären Kindern lag bisher noch sehr wenig im Interesse von Forschern. Die bisherigen

Forschungsbefunde – so wie auch die Ergebnisse dieser Arbeit – sprechen für ein Core-Training zur Verbesserung der Schwimmleistung, was im Einklang mit bisherigen Empfehlungen von Schwimmtrainern (Vorontsov, 2011; Salo & Riewald, 2008) steht und wissenschaftlich durch Untersuchungen bei Jugendlichen (Weston et al., 2015) und jungen Erwachsenen (Karpinski, Rejdych, Brzozowska, Golas, Sadowski, Swinarew, Stachura, Gupta & Stanula, 2020) gestützt wird. Die Rumpfkraft veränderte sich als einzige Kraftkomponente signifikant bei vorpubertären Kindern und scheint daher einen signifikanten Einfluss auf die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik zu haben. Für die ehemalige Topschwimmerin Britta Steffen bewährte sich ein Rumpfkrafttraining zwischen dem 6. und 12. Lebensjahr als Grundlage für spätere Erfolge auf nationalem und internationalem Niveau (Steffen & Hahn, 2017). Vor diesem Hintergrund werden in der Nachwuchskonzeption 2020 des Deutschen Schwimmverbands (DSV) für die Athleten in der Grundlagenausbildung folgende beiden Varianten empfohlen (Rudolph, Bußmann, Döttling, Jankowski, Jedamsky, Lambertz, Lamodtke, Ludwig, Staufenbiel & Spahl, 2015, siehe Tab. 41 und 42).

Tab. 41. Vorgaben des Trainingsumfangs der maximalen Variante des DSV (nach Rudolph et al., 2015, S.13)

Etappe	Alter	Training Woche (h)	Wasser Woche (h)	Land Woche (h)	Wasser: Land (%)	Km/Wo (TE)	Km/Jahr (ca.)	WK/Jahr (ca.)	Tr.Wo Jahr
GLT	7/8	7	5	2	71:29	5,0 (1,0)	210	5	42
	9/10	12	8	4	66:33	12,0 (1,5)	528	6	44

Tab. 42. Vorgaben des Trainingsumfangs der minimalen Variante (75%) des DSV (nach Rudolph et al., 2015, S. 14)

Etappe	Alter	Training Woche (h)	Wasser Woche (h)	Land Woche (h)	Wasser: Land (%)	Km/Wo (TE)	Km/Jahr (ca.)	WK/Jahr (ca.)	Tr.Wo Jahr
GLT	7/8	5,5	4	1,5	73:27	4,0 (1,0)	170	4	42
	9/10	9	6	3	67:33	9,0 (1,5)	400	5	44

In beiden Fällen soll das prozentuale Verhältnis Wasser- zu Landeinheiten in Prozent betrachtet werden. Diese liegen für die 7- bis 8-jährigen bei 71:29 (Tab. 41) bei der maximalen Variante und bei der minimalen bei 73:27 (Tab. 42). Das heißt, dass den Landeinheiten in Form eines Athletiktrainings weniger als ein Drittel der Gesamttrainingseinheiten zukommt. Für die 9- bis 10-jährigen erhöht sich dieser Wert für beide Varianten auf 66:33 (maximale Variante) und 67:33 (minimale Variante) (Rudolph et al., 2015). An dieser Stelle sei auf den Rundungsfehler in Tabelle 41 verwiesen, da die Berechnungen für beide Varianten 67:33 entspricht. Für die älteren Athleten empfehlen die Autoren des Deutschen Schwimmverbandes das Verhältnis ein Drittel Athletiktraining an Land und zwei Drittel Wassereinheiten. Aus den Daten dieser Untersuchung geht jedoch hervor, dass die Athleten mit einem Verhältnis von 50:50 sowohl im Bereich der Athletik (Rumpfkraft, Wurf- und

Sprungkraft) den Technikgruppen mit dem Verhältnis 0:100 überlegen sind. Auch wenn diese Arbeit das Verhältnis zwischen Athletik- und Wassereinheiten nicht direkt überprüft, so liefert sie deutliche Indizien dafür, dass der Athletikanteil für vorpubertäre Kinder erhöht werden sollte.

6.6.2 Ergebnis und Diskussion der Rumpfkraft beim Plank Test bei Verteilung der Gruppen

Der Wert für die Rumpfkraft – gemessen anhand des Unterarmstützes – wurde für alle Probanden zu den drei Messzeitpunkten erhoben. Die Anzahl, die Mittelwerte, die Standardabweichungen und die prozentualen Veränderungen sind Tabelle 43 zu entnehmen.

Tab. 43. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Unterarmstützzeit in s sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Plank Test aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Rumpf_W1			Rumpf_W2			Rumpf_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₄₋₈
TG1a-RK N = 12	75,26	37,29	+20,97	91,04	55,29	+63,95	149,26	91,14	+84,92
TG1b-VK N = 11	47,20	22,83	-1,88	46,33	30,65	+251,65	162,92	125,2 9	+249,77
TG2-VFB N = 10	52,41	16,44	+10,44	57,88	14,56	+21,39	70,26	8,77	+31,83
KG N = 12	82,40	57,44	+2,46	84,43	55,82	+18,44	100,01	78,44	+21,37

Tabelle 43 zeigt, dass

- die Probanden der Kontrollgruppe zu Beginn der Untersuchung den größten Mittelwert bei der Rumpfkraft erzielten. Diesen Eingangswert konnte die Gruppe nach 4 Wochen um 2,46 Prozent und im Anschluss noch einmal um 18,44 Prozent steigern. Insgesamt wies die KG-Gruppe eine Steigerung der Rumpfkraftwerte um 21,37 Prozent auf.
- die TG1a-RK den Anfangswert nach 4 Wochen um 20,97 Prozent und nach 9 Wochen um 63,95 Prozent erhöhte. Insgesamt kam es zu einer Veränderung von 84,92 Prozent für diese Treatmentgruppe.
- die Vortriebskraftgruppe (TG1b-VK) mit dem geringsten Anfangswert startete, diesen nach 4 Wochen um 1,88 Prozent reduzierte und eine erhebliche Steigerung im zweiten Teil verzeichnen lies, was einer prozentualen Veränderung von 249,77 Prozent entspricht.
- die Videofeedbackgruppe ihren Anfangswert nach 4 Wochen um 10,44 Prozent erhöhte. Insgesamt konnte diese Gruppe ihre Rumpfkraftleistung beim Unterarmstütz um 31,83 Prozent steigern.

Die Abbildung 46 verdeutlicht die Entwicklung der Rumpfkraft der vier Gruppen (KG, TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB) zu den drei Messzeitpunkten.

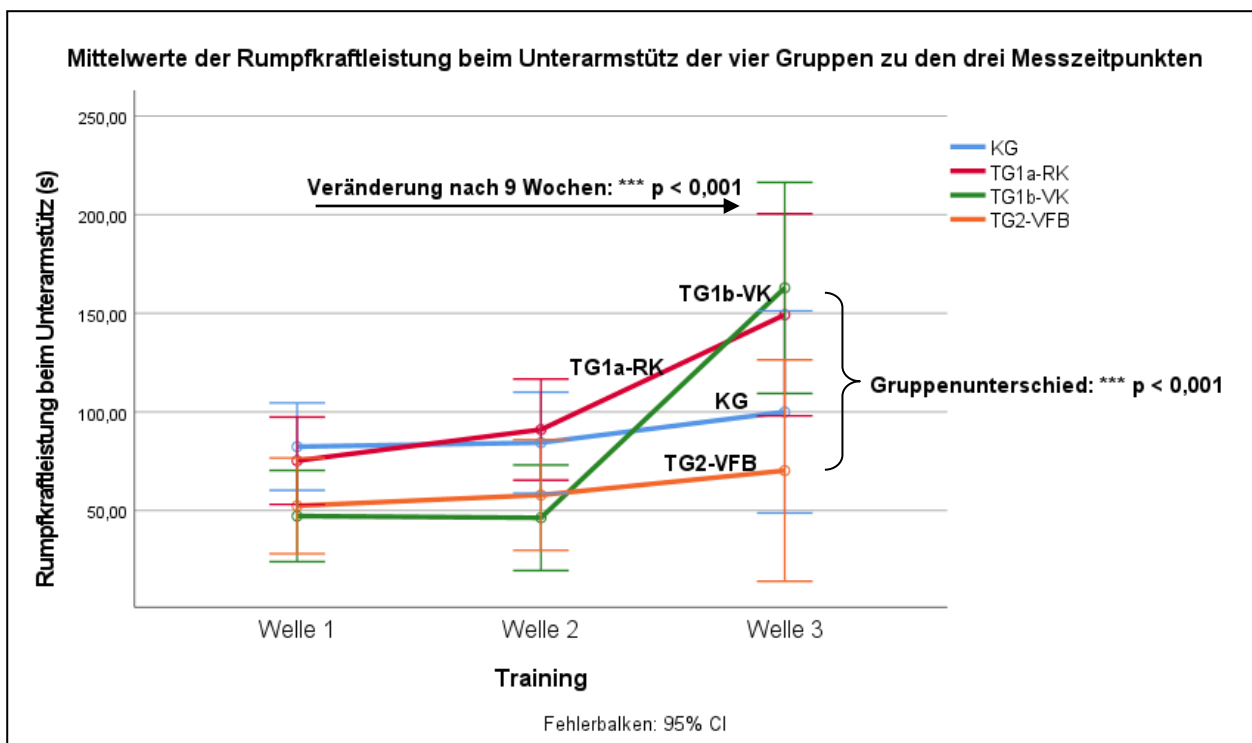


Abb. 46. Veränderung der Rumpfkraftleistung der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Die Histogramme, die Q-Q-Plots und der Shapiro-Wilk-Test wurden für die Überprüfung auf Normalverteilung herangezogen. Es konnte bei allen Messreihen eine etwa Normalverteilung ($p > 0,05$) angenommen werden.

Die ANOVA zeigte durch den Mauchly-Test einen signifikanten Wert ($p < 0,05$), so dass die Sphärizität nicht gegeben ist. Es wurde daher eine Greenhouse-Geisser Korrektur ε der Freiheitsgrade vorgenommen ($\varepsilon < 0,75$).

Der P-Wert von Greenhouse-Geisser bezüglich des Trainings über 9 Wochen aller Gruppen ($F_{1;54} = 24,642$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,375$) lieferte ein hochsignifikantes Ergebnis ($p < 0,001$). Das heißt, alle Gruppen haben ihre Rumpfkraft nach der jeweiligen Intervention signifikant verändert ($p < 0,001$).

Für die Analyse des Einflusses des Treatments auf die Innersubjekteffekte wurde derselbe Test eingesetzt. Dabei zeigte sich zwischen den Gruppen ein sehr signifikanter Wert ($F_{4;54} = 4,935$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,265$), so dass sich die vier Gruppen statistisch signifikant unterscheiden ($p < 0,01$).

Für die TG1b-VK und die TG1a-RK konnten hochsignifikante Leistungssteigerungen (TG1a-RK: +84,92%, TG1b-VK: +249,77%, $p < 0,001$) ermittelt werden. Grundsätzlich war eine Steigerung für beide Gruppen zu erwarten, allerdings nicht in dieser Höhe für die TG1b-Vk. Es wäre zu vermuten, dass TG1a-RK sich im Bereich der Rumpfkraft stärker entwickelt als TG1b-VK. Dies ist nicht der Fall. Wie bereits erwähnt, sprach das Training der Arme und Beine auch die Rumpfkraft an (Liegestütz, Kniebeuge), so dass daraus eine Steigerung der Rumpfkraft resultieren kann. Warum die TG1a-RK hier im Vergleich zur TG1b-VK schlechter abschneidet, ist unklar und kann allenfalls durch Motivationseffekte erklärt werden. Die TG1b-VK schien besonders die eigene Leistung überbieten zu wollen (obwohl sie genau wie

die anderen Gruppen die Anfangsleistung nicht kannte), was bei dieser Gruppe offenbar einen immensen Motivationsschub nach sich zog. Warum die anderen Gruppen, insbesondere die TG1a-RK im Vergleich zu TG1b-VK schlechter abschnitt, ist unklar.

Das Ausmaß der positiven Veränderung bei der Rumpfkraft könnte verwundern, allerdings sind Leistungssprünge von 169 bis 340 Prozent für den 40 m-Lauf, den Standweitsprung und den Weitwurf zwischen dem 4. und 7. Lebensjahr durchaus möglich (Meinel & Schnabel, 2007), so dass die vorliegenden Steigerungen als realistische Messwerte einzuschätzen sind. Bei vorpubertären Kindern treten jedoch im Rahmen einer Trainingsintervention meist geringere Leistungssteigerungen von 23 bis 28 Prozent auf (Ozmun et al., 1994), 30 bis 40 Prozent (Falk & Tennenbaum, 1996; Lloyd et al., 2014a) und bis zu 74 Prozent auf (Faigenbaum et al., 1993).

Das Core-Training oder auch Rumpfkrafttraining kann nicht nur die sportliche Leistung in unterschiedlichen Sportarten verbessern, sondern auch verletzungspräventiv wirken (Yang, 2015; Ullrich, Alexander, Stening, Felder, Hökelmann, 2014; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015; Salo & Riewald, 2008; Kibler, Press & Sciascia, 2006; Hahn & Strass, 2017; Gambetta, 2012; McGill, 2001). Beim Schwimmen hilft ein kräftiger Rumpf dabei, eine flache und strömungsgünstige Wasserlage aufrechtzuerhalten, was mit einem niedrigeren Widerstand und einer erhöhten Effizienz einhergeht (McClellan, 2001; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015; Prins, 2007; Konin & Barany, 2005). Außerdem dient der Rumpf als Widerlager für die Antriebsbewegungen der Arme und Beine und beeinflusst damit den Vortrieb (Köhler et al., 2017; Piette & Clarys, 1979; Prins, 2007). Ermüdet der Rumpf, fehlt es an Stabilität, was unweigerlich negative Auswirkungen auf die Zuglänge (Rosiana, 2002). Obwohl das Rumpfkrafttraining mehrfach für Schwimmer empfohlen wird (Marsh & Pilczuk, 2012; Sweetenham, 2012; Gambetta, 2012), konnten im Rahmen dieser Recherche nur wenige empirische Studien gefunden werden, die den Zusammenhang zwischen dem Core-Training und der Sprintleistung im Schwimmen auf der 50 m Strecke untersuchte (Weston, Hibbs, Thompson & Spears, 2015). Das 12-wöchige isolierte Core-Training wurde bei einer Versuchsgruppe ($15,7 \pm 1,2$ J) beider Geschlechter sowie einer Kontrollgruppe ($16,7 \pm 0,9$ J) angewandt, die in dieser Zeit ein herkömmliches Wassertraining absolvierte (Weston et al., 2015). Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte die Interventionsgruppe eine 2-prozentige Verbesserung der Schwimmleistung auf 50 m (Weston et al., 2015).

Eine andere 6-wöchige Interventionsstudie verglich junge Athleten (19 – 21 J), welche in eine Experimentalgruppe (EG: Schwimm- und Rumpfkrafttraining) und eine Kontrollgruppe (KG: nur Schwimmtraining) unterteilt wurde (Karpinski et al., 2020). Beide Gruppen verbesserten die Flugphase beim Start (EG: 1,8%; $p = 0,088$; KG: 2,7%; $p = 0,013$), wobei nur die Experimentalgruppe die 5 m Zeit nach der Wende ($-28,6\%$; $p < 0,001$) und die Zeit auf 50 m Kraul ($-1,2\%$, $p = 0,001$) signifikant veränderte (Karpinski et al., 2020).

Unterschiede zwischen Hochleistungsschwimmern und ambitionierten Vereinsschwimmern zeigten sich mittels elektromyografischer Untersuchungen (Clarys & Rouard, 2011). Die Differenzen zwischen diesen beiden Kollektiven waren im Bereich der Körperrumpfmuskulatur erheblich (Clarys & Rouard, 2011; Clarys, 1988), so dass geschlussfolgert wurde, dass die Schwimmgeschwindigkeit maßgeblich von der Rumpfmuskulatur und der Schultermuskulatur abhängt (Dopsaj, Milosevic, Matkovic, Arlov & Blagojevic, 1999; Magnusson, Constanini, McHugh & Gleim, 1995).

Die Rumpfkraft wurde in der vorliegenden Studie durch den Unterarmstütz-Test gemessen. Alle Gruppen konnten ihre Eingangsleistung statistisch hochsignifikant verbessern ($p < 0,001$). Obwohl die Technikgruppen lediglich Wassertraining und Videofeedback durchführten, so schien sich selbst das Schwimmtraining positiv auf die Rumpfkraft auszuwirken. Eine weitere Erklärung für diese Steigerung kann die Tatsache sein, dass die Athleten versuchten, ihre eigene Rumpfkraftleistung zu verbessern, ohne diese exakt zu kennen. Die geringste Steigerung (+20,37%) zeigte die KG-Gruppe, gefolgt von der TG2-VFB (+31,83%). Insgesamt wies die TG2-VFB bei allen drei Krafttests bessere Testergebnisse als die KG Gruppe auf. Warum konnten die beiden Technikgruppen (KG und TG2-VFB) bei den Krafttests lediglich im Bereich der Rumpfkraft ihre Leistungen steigern? Das Schwimmtraining schien sich positiv auf die muskuläre Ausdauer im Rumpfbereich der Kinder auszuwirken. Da die Wassereinheiten in der Regel als Techniktraining in moderater Ausführungsgeschwindigkeit und nicht als Schnelligkeitsübung realisiert wurden, war die Steigerung der Rumpfkraft auch für die KG- und die TG2-VFB nachvollziehbar. Hätte man beim Wassertraining mehr Schnelligkeitsreize gesetzt, so wären vermutlich auch Schnellkraftleistungen im Bereich des Sprungs und Wurfs besser ausgefallen. Des Weiteren wird vermutet, dass das Testverfahren entscheidend sein könnte. Der Rumpfkrafttest bietet die Möglichkeit zu *kämpfen* und durch gesteigerte Motivation noch ein paar Sekunden länger auszuhalten, was bei einem schnellkräftigen Sprung oder Wurf kaum möglich ist. Da sich Kinder grundsätzlich gerne verbessern, könnte es sein, dass sie bei diesem Test bereit waren, mehr an ihre Grenzen zu gehen. Die Sprung- und Wurfkrafttests müssen als Maximalkrafttests eingestuft werden, die mit maximaler Geschwindigkeit durchgeführt werden. Eine höhere Testmotivation mit dem Ziel zu *kämpfen* oder *länger durchzuhalten* führt dabei nicht unbedingt zu besseren Resultaten.

6.7 Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test

6.7.1 Ergebnis und Diskussion der Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe

Tabelle 44 beschreibt die Ergebnisse der zwei Testgruppen (TG1-KA und TG2-T) für die Schwimmkraft für die drei Messzeitpunkte.

Tab. 44. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Schwimmkraft in Newton, sowie die prozentuale Veränderungen (%) beim Tethered Swimming der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Schwimmkraft_W1			Schwimmkraft_W2			Schwimmkraft_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	46,10	9,78	+0,89	46,51	7,86	+8,92	50,66	8,19	+9,81
TG2-T N = 22	49,72	9,54	-3,00	48,27	8,57	+4,89	50,63	6,78	+1,89

Beim Test der Schwimmkraft – gemessen mit dem Tethered Swimming Test – blieb die Anzahl der Testpersonen über alle Messzeitpunkte konstant (TG1-KA N = 23, TG2-T N = 22). Der Mittelwert der TG1-KA-Gruppe erhöhte sich nach 4 Wochen geringfügig um 0,89 Prozent. Insgesamt nahm der Kraftwert zu, da sich der Eingangswert um 9,81 Prozent veränderte. In der Technikgruppe maß man nach den ersten 4 Wochen eine Abnahme des Mittelwertes um 3 Prozent. Über den gesamten Zeitraum zeigte diese Gruppe eine geringe Veränderung von 1,89 Prozent. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Entwicklung der Mittelwerte der Schwimmkraft für die beiden Gruppen (TG1-KA, TG2-T) zu allen drei Messzeitpunkten.

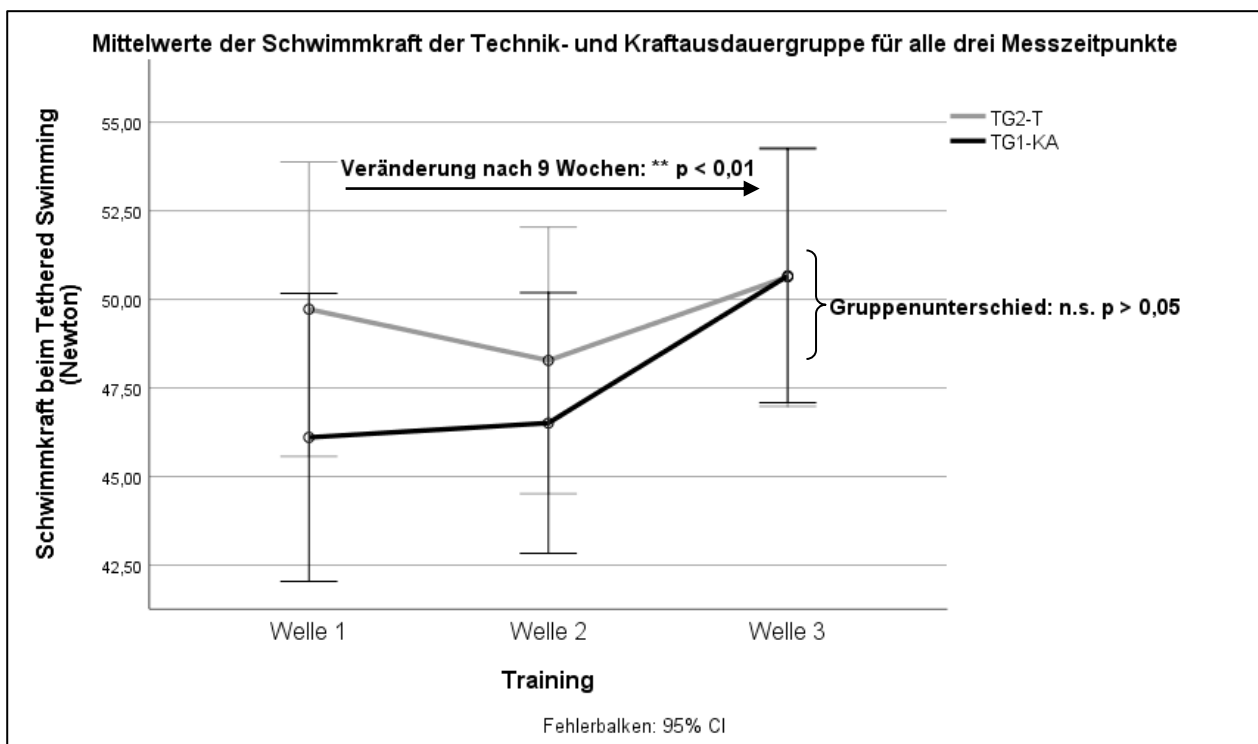


Abb. 47. Veränderung der Schwimmkraft der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1, ..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)

Der Normalverteilungstest (Shapiro-Wilk) konnte für alle Messreihen bei beiden Gruppen als nicht signifikant eingestuft werden ($p > 0,05$). Der Mauchly-Test war nicht signifikant ($p = 0,332 > 0,05$), so dass die Sphärizität angenommen werden kann. Für das Training nach 9 Wochen ergab sich ein sehr signifikantes Ergebnis ($F_{2;86} = 5,784$, $p = 0,004$, $\eta^2 = 0,119$). Den Einfluss des Treatments auf die

Schwimmkraft (Training * Treatment) zeigte keinen signifikanten Wert ($F_{2;86} = 1,571$, $p = 0,214$, $\eta^2 = 0,035$), so dass kein signifikanter Unterschied zwischen der Technik- und der Kraftausdauergruppe vorlag.

Die beiden Kraftausdauergruppen konnten ihre Leistung (+9,81%) beim Tethered Swimming deutlicher steigern als die Technikgruppen (+1,89%), allerdings war diese Veränderung nicht signifikant ($p > 0,05$). Diese Entwicklung war nicht durch das natürliche Wachstum zu erklären, da die TG2-T-Gruppe (+1,49 cm) im arithmetischen Mittel insbesondere im Längenwachstum bei gleicher Massenzunahme (+1 kg) die TG1-KA-Gruppe (+0,83 cm) übertraf. Insofern resultierte diese Leistungssteigerung offensichtlich aus dem Kraftausdauerprogramm. Die Technikgruppe TG2-T zeigte einen negativen Verlauf bei der Beinkraft (-1,97%), keine Veränderung bei der Armkraft (0%) und eine Steigerung der Rumpfkraft (+24,75%). Letzteres würde auch die Veränderung der Schwimmkraft (+1,89%) erklären. Die TG1-KA-Gruppe verbuchte negative Veränderungen im Bereich der Beinkraft (-1,25%), geringere Verbesserungen für die Armkraft (+2,16%) und eine erhebliche Steigerung der Rumpfkraft (+135%). Dies führte zu einem Anstieg der Schwimmkraft um 9,81 Prozent. Ähnlich wie bei der TG2-T-Gruppe, führte der massive Rumpfkraftanstieg auch zu einer Verbesserung der Schwimmkraft.

Für alle Probanden war diese Form des Schwimmens bisher unbekannt, so dass alle Kinder dieselben standardisierten Bedingungen vorfanden. Für jeden Testzeitpunkt hatten die Kinder drei Versuche (ein Probedurchgang und zwei Tests). Erst nach neun Interventionswochen wiesen die beiden Gruppen deutliche Veränderungen im Bereich der Schwimmkraft auf, was neben dem signifikanten Zugewinn an Rumpfkraft außerdem durch Lerneffekte bezüglich des Testverfahrens erklärt werden konnte.

Das Tethered Swimming Equipment als Diagnosetool für die Schwimmkraft im Wasser konnte im Rahmen dieser Untersuchung für vorpubertäre Kinder gewinnbringend eingesetzt werden. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass sich ein Zugewinn an Rumpfkraft der TG1-KA-Gruppe offenbar positiv auf die Schwimmkraftentwicklung auswirkte und damit größere Fortschritte zeigte als die TG2-T-Gruppe, bei der auch der Zugewinn an Rumpfkraft geringer ausfiel. Ob jedoch der Einsatz des Tethered Swimming als Krafttraining im Wasser für vorpubertäre Kinder sinnvoll ist, war nicht Teil dieser Arbeit und bedarf weiterer Forschung. Die praktische Anwendung als Trainingsmethode in einem herkömmlichen Verein ist jedoch kritisch zu sehen, da in jedem Fall ein einzelner Schwimmer eine ganze Bahn blockiert. Eine Schwimmbahn bietet in der Regel Platz für vier bis zehn Athleten. Diese müssten sich auf andere Bahnen verteilen, was dort zu größerem Verkehr führen wird. Im Gegensatz dazu kann ein Kraftausdauerzirkel – wie im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführt – an Land problemlos in einem extra Raum (sofern vorhanden) oder neben dem Beckenrand realisiert werden und bedarf wenig Equipment. Es können dabei beispielsweise 15 junge Schwimmer gleichzeitig beschäftigt werden, was beim Tethered Swimming organisatorische Schwierigkeiten mit sich bringt.

6.7.2 Ergebnis und Diskussion der Schwimmkraft beim Tethered Swimming Test bei Vierteilung der Gruppen

Die deskriptiven Daten für den Tethered Swimming Test liefert Tabelle 45.

Tab. 45. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Schwimmkraft in Newton sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Tethered Swimming für alle vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB, KG) für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Schwimmkraft_W1			Schwimmkraft_W2			Schwimmkraft_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1a-RK N = 12	50,03	9,09	-1,69	49,20	7,90	+8,68	53,47	7,81	+6,99
TG1b-VK N = 11	41,83	9,00	+4,18	43,58	7,03	+9,25	47,61	7,80	+13,43
TG2-VFB N = 10	44,27	8,95	+2,98	45,59	8,57	+1,62	46,33	6,78	+4,6
KG N = 12	54,27	7,66	-7,42	50,52	10,17	+7,32	54,22	8,96	-0,1

Die Tabelle 45 verdeutlicht, dass

- die Kontrollgruppe keine Veränderung hinsichtlich des Kraftwertes beim Tethered Swimming zeigte. Eine Veränderung über 9 Wochen von -0,1 Prozent liefert keine nennenswerte Diskrepanz zum Eingangstest. Bereits nach 4 Wochen, verringerte sich der Kraftwert um 7,42 Prozent, im zweiten Abschnitt erhöhte sich der Kraftwert um 7,32 Prozent.
- die TG1a-RK den Kraftwert um 1,69 Prozent nach 4 Wochen reduzierte, erhöhte diesen jedoch bei Betrachtung des gesamten Interventionszeitraums um 6,99 Prozent.
- die Vortriebskraftgruppe mit dem geringsten Mittelwert der vier Gruppen begann und diesen nach 4 Wochen um 4,18 Prozent erhöhte. Im Verlauf der gesamten Intervention wurde eine erhebliche Steigerung von 13,43 Prozent registriert.
- die Videofeedbackgruppe eine 2,98-prozentige Veränderung nach 4 Wochen und eine 4,6-prozentige nach 9 Wochen erzielte.

Die Abbildung 48 veranschaulicht die Veränderung der Schwimmkraft aller vier Gruppen zu den drei Messzeitpunkten.

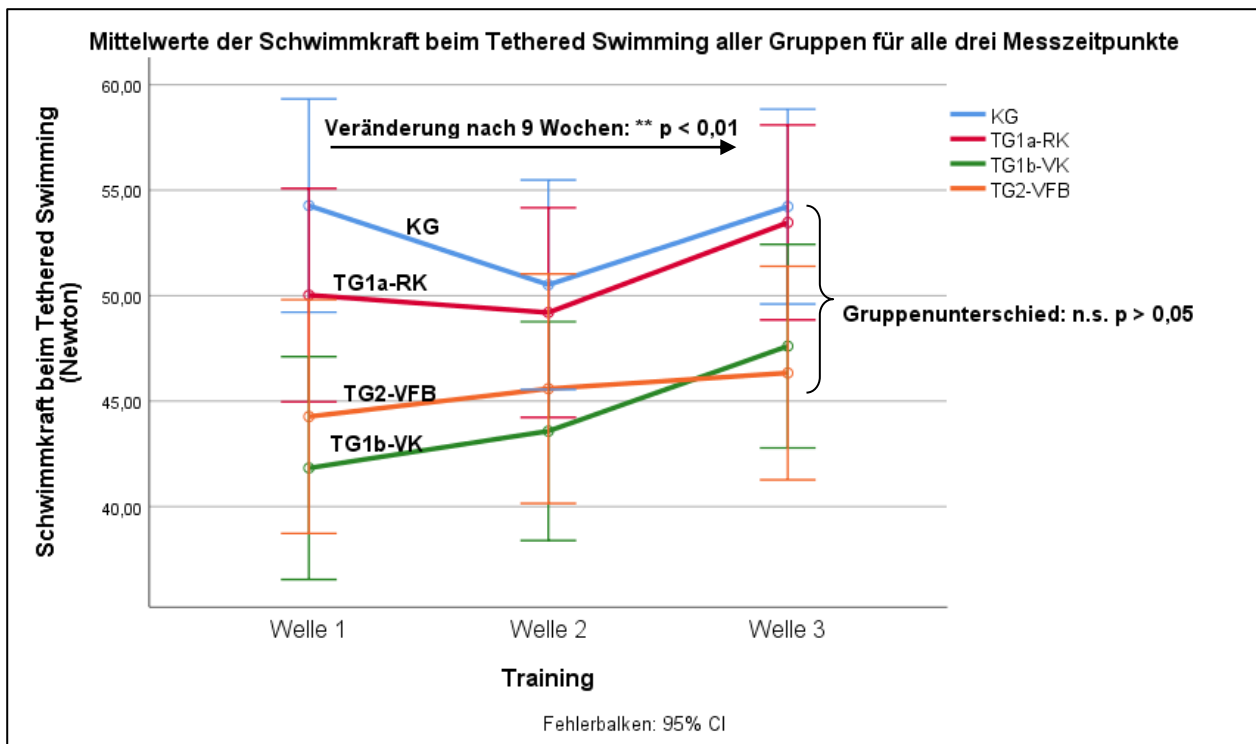


Abb. 48. Veränderung der Schwimmkraft aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,...,W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Die statistischen Verfahren, welche bereits bei den Kraftkomponenten zum Einsatz kamen, wurden auch für die Schwimmkraft angewendet.

Der Test auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk) der Messreihe Schwimmkraft ergab für alle Gruppen eine Normalverteilung ($p > 0,05$).

Keine Signifikanz erzeugte der Test auf Sphärizität ($p = 0,31 > 0,05$), so dass die Sphärizität angenommen werden kann. Für das 9-wöchige Training gilt $F_{2;82} = 5,697$, $p = 0,005$, $\eta^2 = 0,122$ und somit ein sehr signifikantes Ergebnis ($p < 0,01$). Die Schwimmkraft verändert sich nach einer 9-wöchigen Intervention bei allen Gruppen.

Ein Einfluss des Treatments auf das Training (Training * Treatment) konnte mit $F_{6;82} = 1,182$, $p = 0,32$, $\eta^2 = 0,08$ als nicht signifikant eingestuft werden ($p > 0,05$). Eine weitere Betrachtung über den Post hoc ist nicht notwendig, da zwischen den Interventionsgruppen kein signifikanter Unterschied besteht.

Für die hier vorliegende Untersuchung soll die mittlere Kraft beim Tethered Swimming herangezogen werden, welche nachweislich bei Erwachsenen ($r = 0,86$, Yeater et al., 1981; Dopsaj et al., 2000), bei Jugendlichen zwischen 14 und 21 (Morouço et al., 2011a, $r = 0,92$, $p < 0,01$) und Kindern zwischen 10 und 16 Jahren ($r = 0,82$, $p < 0,001$; Taylor et al., 2003) mit der Schwimmgeschwindigkeit zusammenhängt. Die Mehrheit der gesichteten Studien im Bereich des Tethered Swimming untersuchen Probandengruppen im postpubertären- oder Erwachsenenalter. Im Rahmen dieser Recherche konnten lediglich zwei Studien gesichtet werden, welche präpubertäre Athleten mithilfe des Tethered Swimming Tests untersuchten (Smit, Daehne, Van Wyk & Steyn, 1979; Douda, Toubekis, Georgiou,

Gourgoulis & Tokmakidis, 2010). Eine davon nutze den 30 s-Test zur Messung der Schwimmkraft und traf damit Aussagen über die Schwimmleistung über 50 m (Douda et al., 2010). Ein korrelativer Zusammenhang konnte bei vorpubertären Kindern ($10,5 \pm 0,5$ J) zwischen der Schwimmzeit (50 m) und der Schwimmkraft ($r = -0,81$) gemessen werden (Douda et al., 2010). Zum Vergleich wurde Pearson's Korrelationskoeffizient ($r = -0,47$, $p < 0,01$) für die 7- bis 10-jährigen Kinder zwischen der mittleren Schwimmkraft und der Schwimmleistung auf 25 m berechnet. Der negative Zusammenhang von Douda und Kollegen (2010) wurde damit bestätigt, wenngleich der r-Wert kleiner ausfiel. Dies kann einerseits durch das Alter der Probanden ($10,5 \pm 0,5$ vs. $8,6 \pm 0,8$ J), die Belastungszeit (30 s vs. 6 s) oder durch die Schwimmstrecke (50 m vs. 25 m) erklärt werden. Zumindest kann aus den beiden Studien gefolgert werden, dass der Zusammenhang zwischen der mittleren Schwimmkraft und der Schwimmleistung offenbar auch für vorpubertäre Kinder zu gelten scheint und mit fortschreitendem Alter und Schwimmniveau ansteigt.

Aufgrund der unterschiedlichen Belastungszeit (6 s vs. 30 s) können die Daten dieser Erhebung nur bedingt mit denen von Douda und Kollegen (2010) verglichen werden. Bei dieser Untersuchung schwammen die Athleten zweimal jeweils sechs Sekunden als All-out-Test an dem Stahlseil. Dabei wurden die Kraftwerte in Newton durch das Messgerät zu allen drei Messzeitpunkten aufgenommen. Es wurde die mittlere Kraft beim Tethered Swimming berechnet sowie es in einigen weiteren Studien bereits untersucht wurde (Ria et al., 1990; Taylor et al., 2003; Morouço et al., 2011a).

Für diesen Test kann nach 4 Wochen keine eindeutige Entwicklung festgestellt werden. Die mittleren Kraftwerte von KG und TG1a-RK verringern sich, wohingegen TG1b-VK und TG2-VFB diese Werte steigerten. Nach 9 Wochen der jeweiligen Intervention zeigen sich insbesondere bei TG1b-VK und TG1a-RK Steigerungen zwischen 7 und 13 Prozent. Diese Verbesserung liegt über der Veränderung der anderen beiden Gruppen (0 bis 5%). Bei der Betrachtung der Statistik konnten alle vier Gruppen den Eingangswert signifikant verändern ($p < 0,05$). Allerdings unterschieden sich die Entwicklungen der vier Gruppen statistisch nicht signifikant voneinander ($p > 0,05$).

Die größte Veränderung für die Schwimmkraft der TG1b-VK Gruppe verwundert nicht, da diese Gruppe primär die Extremitäten trainierte und zudem vor allem eine deutliche Verbesserung der Rumpfkraft (+249%) und der Armkraft (+5%) aufwies. Offenbar konnte die TG1b-VK die dazugewonnene Rumpfkraft sinnvoll für eine stabilere Schwimmposition nutzen. Dies ist von Vorteil, da ein stabiler Rumpf als unabdingbare Voraussetzung für das Kraulschwimmen zu sehen ist (McClellan, 2001; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015).

Beim Vergleich des Eingangsniveaus zwischen TG1a-RK und TG1b-VK fiel auf, dass TG1a-RK im Vergleich zu TG1b-VK sowohl bei der Rumpfkraft als auch bei der Schwimmkraft deutlich höhere Eingangswerte aufwies. Eine Steigerung der Kraftwerte bei TG1a-RK ist daher als bedeutsamer einzustufen, als die Verbesserung in diesen Variablen bei TG1b-VK. Es ist bekannt, dass eine Leistungs-

steigerung von einem höheren Leistungsniveau schwieriger zu erreichen ist, als von mittlerem Level (Behm et al., 2017). Außerdem unterschieden sich die beiden Kraftausdauergruppen TG1a-RK und TG1b-VK hinsichtlich der Armkraft (TG1b-VK: +5%; TG1a-RK: -0,7%), so dass die Rumpfkraft nicht alleine für Entwicklung der Schwimmkraft verantwortlich gemacht werden darf. Der Zugewinn an Armkraft der TG1b-VK gekoppelt mit der starken Zunahme an Rumpfkraft resultierte in einer 13-prozentigen Verbesserung der Schwimmkraft. Die TG1a-RK steigerte dagegen die Schwimmkraft um den halben Wert der TG1b-VK (7%), was durch den Zugewinn an Rumpfkraft (+85%) zu erklären war, wohingegen die sich die Armkraftwerte nicht nennenswert veränderten (-0,7%).

Die KG-Gruppe startet im Mittel mit dem größten Eingangswert von fast 55 Newton, kann diesen aber nach 4 Wochen nicht halten. Sie steigerte diesen Wert nach 9 Wochen wieder in den Bereich des Eingangswertes. Obwohl diese Gruppe hauptsächlich Techniktraining im Wasser absolvierte, konnte sie keine verbesserten Schwimmkraftwerte nach der Intervention aufweisen. Da das Tethered Swimming in diesem Fall mit maximaler Geschwindigkeit geschwommen werden musste, ist fraglich, ob sich die gemessenen technischen Fortschritte (KG: +8%) auch in diesem Test zeigen. Schwimmt ein Athlet mit maximaler Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum, so nehmen oftmals ermüdungsbedingt saubere schwimmtechnische Elemente qualitativ ab (Greco, Bassan, César & Denadai, 2014, Alberty, Potdevin, Dekerle, Pelayo, Gorce, Sidney, 2008; Sumi, Matsuda, Akashi, Tagawa & Nishiwaki, 2018; Eriksson, Berg & Taranger, 1978). Da dieser Test innerhalb des 6-Sekunden-Intervalls ausgeführt wurde, spielten Ermüdungseffekte wohl kaum eine entscheidende Rolle. Insbesondere für vorpubertäre Kinder wäre auch zukünftig im Rahmen eines Tethered Swimming Tests ein sehr kurzes Zeitintervall zu empfehlen, da längere Einheiten die Schwimmkraftwerte ermüdungsbedingt verfälschen würden. Eine Abnahme der Armkraft (-1,6%) konnte die konstanten Werte bei der Schwimmkraft erklären. Selbst ein 21-prozentiger Zugewinn an Rumpfkraft reichte dieser Gruppe nicht, um einen Zugewinn an Schwimmkraft zu erlangen.

Die gesteigerten Schwimmkraftwerte (4,6%) der TG2-VFB fielen niedriger als bei den beiden Kraftausdauergruppen, aber höher als bei der KG-Gruppe aus. Eine Zunahme von Rumpfkraft (+31%), Armkraft (+2,6%) und Beinkraft (+3%) wirkten sich positiv auf die Schwimmkraft aus.

Zusammenfassend deuteten die Auswertungen der Daten darauf hin, dass bei vorpubertären Kindern dieser Altersklasse ein massiver Zugewinn an Rumpfkraft (>80% bei TG1a-RK) ebenso zu einem Anstieg der Schwimmkraft führte, wie eine Rumpfkraftzunahme (>30%) in Verbindung mit einer geringen Verbesserung der Armkraft- und Beinkraft (>2%).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung unterstreichen ferner, dass dieses Testverfahren für vorpubertäre Kinder grundsätzlich eingesetzt werden kann, vorausgesetzt die Kinder beherrschen die Kraultechnik. Außerdem scheint ein stabiler Rumpf die Schwimmlage beim Tethered Swimming zu begünstigen, so dass die Gruppen, welche die größten Fortschritte im Bereich der Rumpfkrafttests erzielten auch die größten Kraftwerte beim Tethered Swimming aufwiesen.

6.8 Schwimmtechnikrating

6.8.1 Ergebnis und Diskussion des Schwimmtechnikratings bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauergruppe

Aus Tabelle 46 können die Probandenanzahl, die Mittelwerte und Standardabweichungen für das Schwimmtechnikrating aus dem Trainerfragebogen für die Gruppen Technik und Kraftausdauer für alle drei Messzeitpunkte entnommen werden.

Tab. 46. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Schwimmtechnikratings (0 – 32 Pkt.) der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Schwimmtechnik_W1			Schwimmtechnik_W2			Schwimmtechnik_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	16,35	5,68	+6,67	17,44	5,44	+13,99	19,88	5,25	+21,59
TG2-T N = 22	16,05	5,80	+2,49	16,45	6,22	+12,21	18,46	6,70	+15,02

Zum ersten Messzeitpunkt lieferten beide Gruppen in etwa gleiche Mittelwerte. Der Score der Technikgruppe erhöhte sich zum zweiten Messzeitpunkt um 2,49 Prozent. Auch der Anfangswert der TG1-KA-Gruppe stieg und zwar um 6,67 Prozent. Über den gesamten Testzeitraum zeigte die TG2-T-Gruppe eine 15,02-prozentige Erhöhung ihres anfänglichen Mittelwertes bei der Schwimmtechnik. Die Kraftausdauergruppe wies über 9 Wochen eine Steigerung von 21,59 Prozent auf. Die Abbildung 49 verdeutlicht die Veränderung der beiden Gruppen (TG1-KA, TG2-T) für die drei Messzeitpunkte.

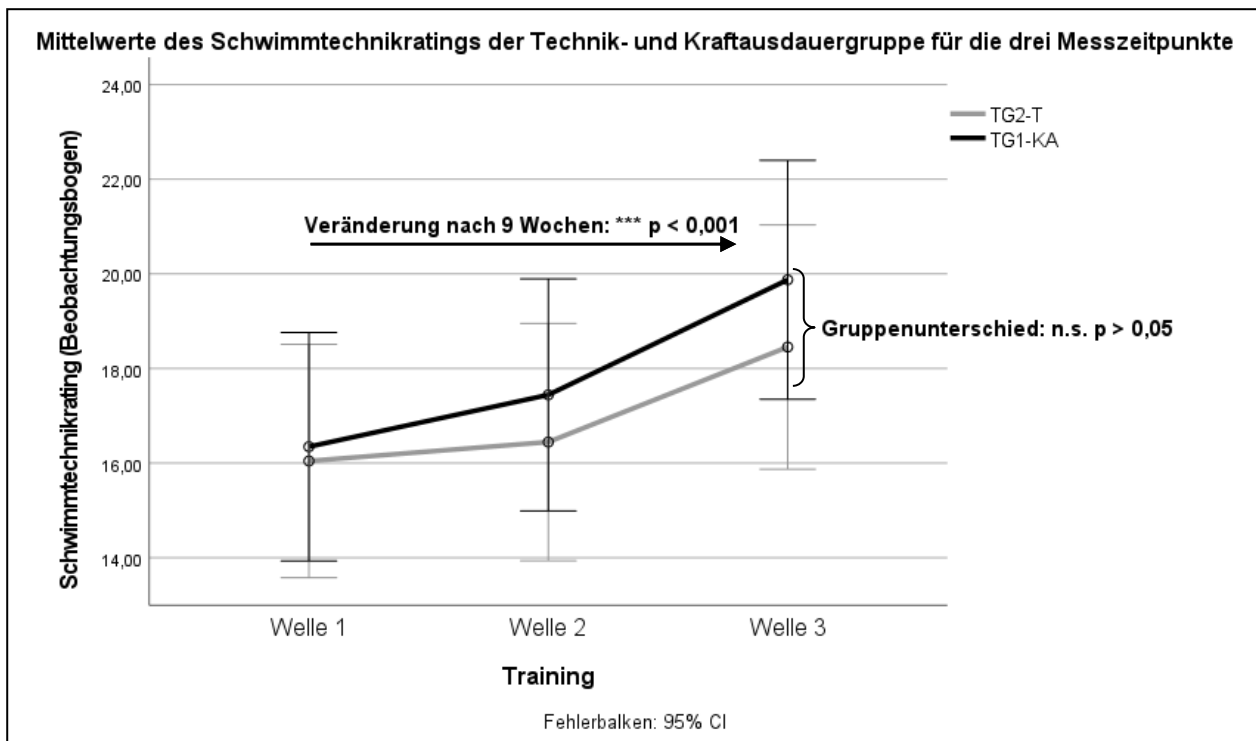


Abb. 49. Veränderung der Schwimmtechnik der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Die Daten wurden als normalverteilt angenommen (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$). Der Mauchly-Test-Wert gab vor ($p = 0,573$), dass die Sphärizität gegeben war. Für das 9-wöchige Training lies sich ein hochsignifikanter Wert ($F_{2;86} = 24,207$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,360$) berechnen.

Für den Einfluss des Treatments auf das Training (Training * Treatment) zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($F_{2;86} = 0,810$, $p = 0,448$, $\eta^2 = 0,018$), so dass aus statistischer Sicht kein Unterschied hinsichtlich des Schwimmtechnikratings zwischen der Technik- und der Kraftausdauergruppe erkennbar war. Für die Testung der Hypothesen (H_{0I} und H_{0L}) ergab sich folgendes Bild. Beide Teilgruppen (TG1-KA und TG2-T) veränderten die Punktzahl beim Schwimmtechnikrating hochsignifikant ($p < 0,001$), so dass H_{0I} und H_{0L} verworfen und H_{1I} und H_{1L} angenommen wurde. Das bedeutet, dass nach einem 9-wöchigen Kraftausdauertraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser, 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik im Rahmen der unabhängigen Trainerbefragung erzielt haben. Außerdem gilt H_{1L} : Nach einem 9-wöchigen Techniktraining erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik.

Sowohl die Kraftausdauergruppe (21,59 %) als auch die Technikgruppe (15,02 %) konnten ihr Technikrating steigern.

Wie ist solch eine Entwicklung nun zu erklären? In den Kapiteln 6.4 und 6.5 wurde deutlich, dass kaum Leistungssteigerungen im Bereich der Sprungkraft der Beine oder der Wurfkraft der Arme, gleich welcher Intervention, zu registrieren waren. Einen deutlichen Unterschied zwischen den Gruppen konnte man jedoch im

Bereich der Rumpfkraft messen (vgl. Kapitel 6.6). Die Entwicklung der Rumpfkraft bei den 7- bis 10-jährigen Schwimmern schien sich bei Betrachtung der schwimmtechnischen Verbesserungen zu lohnen.

Im Hinblick auf die Relation zwischen Aufwand und Ertrag investierten die Kraftausdauergruppen also lediglich die Hälfte der Zeit für das reine Schwimmtechniktraining, erzielten damit jedoch eine größere schwimmtechnische Verbesserung als die TG2-T-Gruppe. Laut Trainingsplan absolvierte die TG1-KA-Gruppe zweimal pro Woche 30 Minuten Techniktraining im Wasser und zweimal 30 Minuten Kraftausdauertraining an Land. Die TG2-T-Gruppe wendete zweimal 60 Minuten Wassertraining und somit deutlich mehr Zeit für das Techniktraining auf.

Die Auswirkungen eines Kraftausdauertrainings auf die schwimmerische Technik standen bisher kaum im Fokus der sportwissenschaftlichen Forschung. Sieht man die koordinativen Grundfertigkeiten als Voraussetzung für die Durchführung einer sporttechnischen Bewegung (Weineck, 2010; Schnabel et al., 2016), so lassen sich Studien finden, die nach einem Rumpfkrafttraining eine Steigerung in den Bereichen Kraft und Koordination und damit auch der sportlichen Technik bei jugendlichen Athleten registrierten (Granacher et al., 2014; Ramsay et al., 1990; Behm et al., 2008; Faigenbaum et al., 2009). Diverse Metaanalysen zeigten neben dem Kraftzuwachs von Kindern auch eine Verbesserung der motorischen Fähigkeiten (Falk & Tennenbaum, 1996; Payne et al., 1997; Behringer et al., 2010; 2011). Die Metaanalyse von Behringer und Kollegen (2011) präsentierte zwischen dem Kraftzuwachs und den motorischen Fähigkeiten (Springen, Laufen und Werfen) eine kombinierte mittlere Effektgröße von 0,52. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die besagten Studien allgemeine motorische Fähigkeiten in Form von Sprüngen, Würfeln oder Sprints an Land untersuchten, weshalb die Ergebnisse nur bedingt zum Vergleich mit Bewegungen im Wasser herangezogen werden können. Verbessert ein Schwimmer seine koordinativen Fähigkeiten, so ist davon auszugehen, dass er womöglich auch schwimmtechnische Fortschritte zeigt. Letztendlich liegt die Entwicklung der Schwimmtechnik immer im Interesse der Schwimmtrainer, vor allem wenn man die langfristige Entwicklung der jungen Athleten im Blick behält (Morais et al., 2014; Toussaint, 1992).

6.8.2 Ergebnis und Diskussion des Schwimmtechnikratings bei Vierteilung der Gruppen

Die Schwimmtechnik wurde mit Hilfe eines Beobachtungsbogens von zwei lizenzierten Schwimmtrainern pro Gruppe evaluiert. Dieses Beobachtungsinventar beinhaltete eine Ratingskala zwischen 0 und 32 Punkten für jeden einzelnen Probanden zu jedem der drei Messzeitpunkte. Die Ergebnisse der jeweiligen zwei Trainerantworten wurden arithmetisch gemittelt.

Tab. 47. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Schwimmtechnikratings (0 – 32 Pkt.) aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	Schwimmtechnik_W1			Schwimmtechnik_W2			Schwimmtechnik_W3		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1a-RK N = 12	18,29	5,24	+1,58	18,58	5,24	+12,76	20,95	3,47	+14,54
TG1b-VK N = 11	14,23	5,60	+13,84	16,20	5,62	+15,43	18,70	6,66	+31,41
TG2-VFB N = 10	18,45	6,89	+6,23	19,60	7,09	+14,28	22,40	7,91	+21,41
KG N = 12	14,04	3,96	-1,59	13,82	4,03	+9,77	15,17	2,95	+8,05

Die Tabelle 47 weist aus, dass

- innerhalb der KG-Gruppe nach 4 Wochen eine geringe Reduzierung der Punktzahl für die Schwimmtechnik um 1,59 Prozent registriert werden konnte. Nach 9 Wochen erhöhte sich dieser Wert, was einer Steigerung um 8,05 Prozent entspricht.
- die Punktzahl der TG1a-RK-Gruppe zunächst nur eine geringe Veränderung von 1,56 Prozent nach 4 Wochen aufwies. Im zweiten Teil der Intervention wurde dieser Wert allerdings stärker erhöht. Diese Veränderung kam einer 14,54-prozentigen Steigerung gleich.
- bei TG1b-VK der Punkte-Mittelwert eingangs gering war und nach 4 Wochen um 13,84 Prozent gesteigert und erneut im zweiten Interventionsabschnitt erhöht wurde. Über einen Zeitraum von 9 Wochen wies diese Gruppe eine Veränderung um 31,41 Prozent auf.
- für TG2-VFB zu Beginn der höchste Mittelwert protokolliert werden konnte. Zum zweiten Messzeitpunkt steigerte diese Gruppe ihren Mittelwert um 6,23 Prozent. Über den gesamten Testzeitraum gelang der Gruppe eine Erhöhung des Mittelwertes um 21,41 Prozent.

Die Abbildung 50 veranschaulicht die Entwicklung des Scores für die Schwimmtechnik aus dem Trainerfragebogen für alle vier Gruppen zu allen Messzeitpunkten.

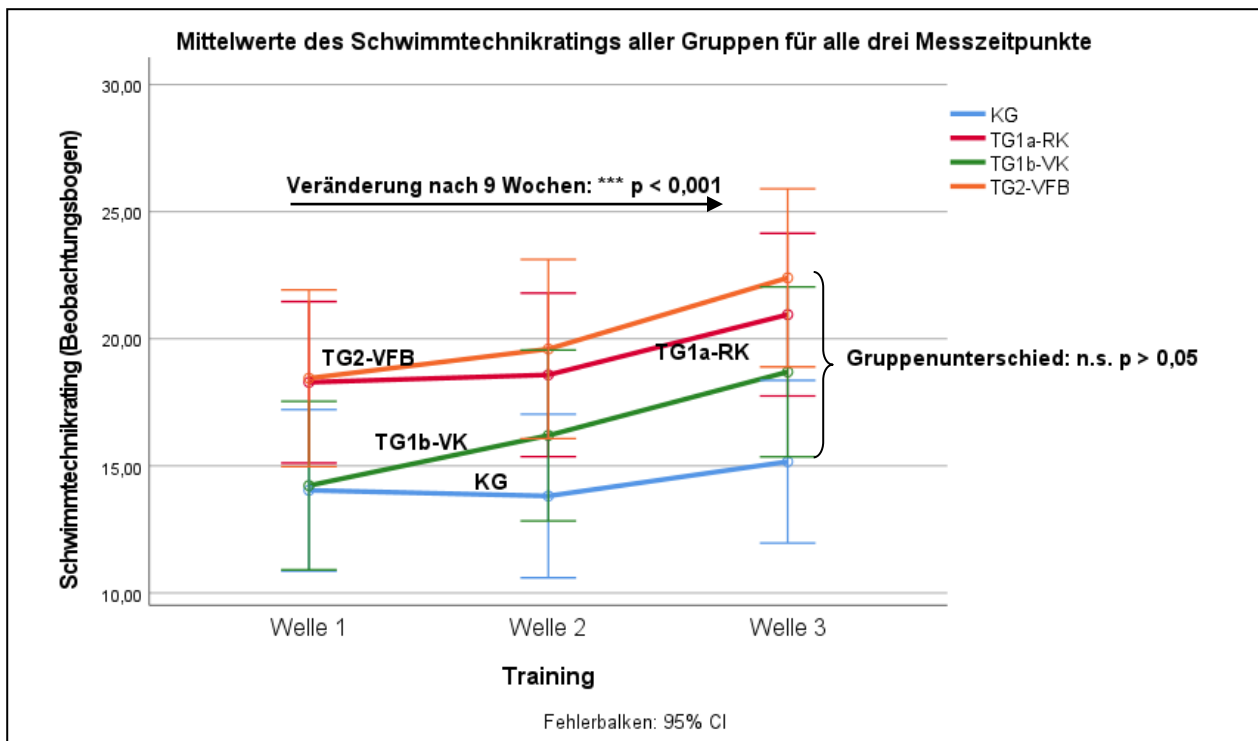


Abb. 50. Veränderung der Schwimmtechnik der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Der Shapiro-Wilk-Test deutete darauf hin ($p > 0,05$), dass eine Normalverteilung angenommen werden kann. Der Mauchly-Test war nicht signifikant ($p = 0,582$), so dass die Sphärität vorlag. Nach Betrachtung der ANOVA bestand für das Training der vier Gruppen über die drei Messzeitpunkte hinweg eine hohe Signifikanz ($F_{2;82} = 26,468$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,392$). Alle vier Gruppen veränderten ihre Eingangsscores der Schwimmtechnik statistisch signifikant. Der Einfluss der unterschiedlichen Treatments auf das Training (Training * Treatment) war nicht signifikant ($F_{6;82} = 1,598$, $p = 0,158$, $\eta^2 = 0,105$). Folglich existierte kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich des Schwimmtechnikratings zwischen den Gruppen. Beide Kraftausdauergruppen veränderten ihre Scores der Schwimmtechnik signifikant, so dass die beiden Nullhypothesen (H_{0G} und H_{0H}) verworfen und die Alternativhypothesen (H_{1G} und H_{1H}) angenommen wurden. Das heißt, dass nach einem 9-wöchigen Rumpfkrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung erzielen. Außerdem gilt: Nach einem 9-wöchigen Vortriebskrafttraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

Auch die beiden Technikgruppen (KG und TG2-VFB) veränderten ihre Scores beim Schwimmtechnikrating. Die Nullhypothesen (H_{0J} und H_{0K}) wurden verworfen und die Alternativhypothesen angenommen (H_{1J} und H_{1K}). Das heißt, dass nach einem 9-wöchigen Techniktraining im Wasser 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung erzielen. Außerdem gilt die Hypothese (H_{1K}): Nach einem 9-

wöchigen Videofeedbacktraining zusätzlich zum Techniktraining im Wasser erzielen 7- bis 10-jährige Kinder eine höhere Punktzahl bei der Bewertung ihrer Schwimmtechnik durch eine unabhängige Trainerbefragung.

In Bezug auf die Schwimmtechnik konnten alle vier Gruppen eine signifikante Verbesserung im Technikrating der Trainer zeigen. Der getestete Wert für die Reliabilität (Cronbach's Alpha) lag bei 0,83. In einer anderen Studie wurde die Variabilität der Technikbewertung von Schwimmtrainern untersucht und ein Cronbach's Alpha von 0,62 berechnet (Saciolto, Clothier, Mason & Ball, 2014). Es wurde geschlussfolgert, dass die Schwimmtrainer in der Bewertung der Schwimmtechnik weitestgehend übereinstimmen (Saciolto et al., 2014).

Die geringste Steigerung wurde bei der KG-Gruppe registriert (+8%). Diese Entwicklung war zunächst überraschend, da diese Gruppe sehr viel Zeit im Vergleich zu den Kraftausdauergruppen (TG1a-RK und TG1b-VK) für die Schwimmtechnik nutzte. Die Frage warum die KG-Gruppe im Vergleich zu den anderen Gruppen eine schwächere Leistung im Technikrating erreichte, muss differenziert beantwortet werden. Erhält ein Sportler verbales Feedback, wird er motorische Aufgaben besser erlernen als ohne jegliches Feedback, unabhängig von visuellen Informationen (McCullagh & Caird, 1990). Das Techniktraining durch ein verbales Feedback zu unterstützen, ist seit vielen Jahren eine bewährte und vielfach eingesetzte Lernmethode und erhöhte die Qualität des Trainings (Razali et al., 2012; Zetou et al., 2014; Argus, Gill, Keogh & Hopkins, 2010). Alle anderen Gruppen steigerten ihr Rating aber noch deutlicher (TG1a-RK: +14,65%, TG1b-VK: +31,41%, TG2-VFB: +21,41%). Die KG-Gruppe erhielt verbales Feedback des Trainers, die TG2-VFB dagegen visuelles und verbales Feedback. Das Kopieren eines Modells (visuelle Instruktion) bewirkte größere Fortschritte in der Schwimmfähigkeit und reduzierte die Angst vor dem Wasser bei ängstlichen Schwimmanfängerkindern eher, als ein reines Schwimmtraining (Weiss, McCullagh, Smith & Berlant, 1998). Bisherige Forschungsergebnisse bestätigten, dass das visuelle Feedback größere Technikverbesserungen zur Folge hat als rein verbales Feedback (McCullagh, Stiehl & Weiss, 1990; Wiese-Bjornstal & Weiss, 1992; Janelle et al., 2003; Aranha & Goncalves, 2012), was die Ergebnisse dieser Studie bekräftigen. Auch die Langzeitstudie berichtete von einer Verringerung der Soll-Istwert-Diskrepanz über einen 8-monatigen Zeitraum bei jugendlichen Athleten (14 – 18 J) durch ein Videofeedbacktraining, wobei auch eine temporäre Reduzierung der schwimmtechnischen Qualität erkennbar war (Krause, Buckwitz & Olivier, 2010). Diese Entwicklung wurde durch Optimierungs- und Umlernprozesse erklärt, da eine ungenügend abgestimmte intermuskuläre Koordination zu einer kurzzeitigen Minderung der Leistung führte (Krause et al., 2010; Olivier & Krause, 2008). Gegensätzliche Befunde lassen sich bei Luedtke und Duoos (2015) finden. Sie untersuchten den Staffelwechsel von jugendlichen Schwimmern (13 – 17 J) in vier verschiedenen Feedbackgruppen (G1: Zeitfeedback, G2: Zeit- und Videofeedback, G3: Videofeedback, G4: Trainerfeedback). Es existierte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den vier Gruppen (Luedtke & Duoos, 2015). Die geringe Probandenanzahl pro Gruppe mit N = 4 deutete jedoch auf eine

schwache statistische Aussagekraft hin, so dass die Ergebnisse nicht überbewertet werden dürfen.

Eine Übertragung der Studie von Krause und Kollegen ist jedoch im Hinblick auf das Alter der Probanden kaum zu rechtfertigen, da deutliche Unterschiede im Bereich der Schwimmtechnik zwischen Kindern (12 J) und Erwachsenen (21 J) existieren (Kjendlie et al., 2004). Daher dürfte eine Langzeituntersuchung der vorpubertären Athleten innerhalb einer Videofeedbackintervention mit Retentionstests Aufschluss über die Langzeiteffekte geben.

Ein weiterer Punkt kann die Entwicklung der vier Gruppen möglicherweise erklären. Drei der vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK und TG2-VFB) durchliefen jeweils 30 Minuten Intervention plus 30 Minuten standardisiertes Schwimmtechniktraining, so dass hier, bezogen auf die räumliche Umgebung, Abwechslung (30 Minuten Wasser- und 30 Minuten Landtraining) gegeben war. Die KG-Gruppe absolvierte 60 Minuten Wassertraining. Grundsätzlich bemühte man sich um Abwechslung im Trainingsplan zur Vermeidung von Monotonie. Sporttechnische (v.a. im Bereich der koordinativen Fähigkeiten) und muskuläre Fortschritte sind nur bei ständiger Variation und Kombination der Übungen und Inhalte zu erwarten (Weineck, 2010; Fonseca, Roschel, Tricoli, Souza, Wilson, Laurentino, Aihara, Souza Leão & Ugrinowitsch, 2014). Möglicherweise hat das 60-minütige Wassertraining in derselben räumlichen Umgebung jedoch die Kinder dieser Altersklasse unzureichend individuell gefordert. Die Aufmerksamkeitsspanne von Kindern im Alter zwischen sieben und zehn Jahren liegt bei 20 Minuten (Stangl, 2020), somit könnte insbesondere der zweite Teil des KG-Trainingsprogramms mangels Konzentration zu anspruchsvoll gewesen sein. Die Interventionsprogramme der anderen drei Gruppen unterschieden sich deutlich in Aufbau, Ablauf und der Durchführung (Kraftausdauerzirkel und Videofeedback) vom standardisierten Wassertraining.

Ein weiterer Punkt darf nicht übersehen werden. Die KG-Gruppe absolvierte neben dem standardisierten Wassertraining im zweiten Teil noch Übungen zur Verbesserung der Wende oder des Startsprungs. Diese technischen Elemente sind Teil des Wettkampfschwimmens, wurden aber nicht im Beobachtungsbogen der Trainer erhoben.

Es ist zu vermuten, dass die KG-Gruppe schwimmtechnische Steigerungen im Bereich der Wende und des Starts zeigte, dies müsste aber mit einem erweiterten Beobachtungsbogen erhoben werden. Alternativ könnten die Schwimmstrecke bei der Technikbewertung über 50 m Kraul (inklusive Wende nach 25 m) erhoben werden, um die genannte Vermutung zu bestätigen. Da hier jedoch eine umfassende schwimmtechnische Ausbildung im Fokus stand und nicht lediglich ein Training für den spezifischen Test, deckt das eingesetzte Beobachtungsinventar lediglich einen Teil der gesamten Schwimmtechnik ab.

In den bisherigen Kapiteln wurde unter anderem die Kraftentwicklung im Bereich der Arme, der Beine und des Rumpfs sowie der Schwimmkraft beschrieben. Bezieht man diese Resultate auf den Fortschritt bei der Schwimmtechnik, so fiel folgendes auf: Die KG-Gruppe hatte die niedrigsten Zugewinne im Bereich der

Landkrafttests, zeigte keinen Fortschritt im Bereich der Schwimmkraft und präsentierte die niedrigste Technik Score Entwicklung. Die TG1a-RK steigerte die Rumpfkraft und damit die Schwimmkraft, was eine 14,54-prozentige Erhöhung des Technik Scores bewirkte. Die TG1b-VK verbesserte die Armkraft und erheblich die Rumpfkraft, steigerte die Schwimmkraft und zeigte die größten schwimmtechnischen Fortschritte, wobei anzufügen ist, dass sie vom niedrigsten Technikniveau starteten. Für die drei Gruppen TG1b-VK, TG1a-RK und TG2-VFB galt daher: Eine Steigerung der Rumpfkraft, bewirkte eine Verbesserung der Schwimmkraft, was sich unmittelbar in einer Steigerung des Technik Scores zeigte. Auch die Tatsache, dass die TG1b-VK durch den beträchtlichen Zuwachs an Rumpfkraft auch die größte schwimmtechnische Verbesserung (+31,41%) zeigte, nährt die Annahme, dass eine Verbesserung der Rumpfkraft nicht nur mit einer Steigerung der Schwimmleistung, sondern auch mit einer Verbesserung der Schwimmtechnik assoziiert werden kann. Der hohe Prozentwert kann nicht mit Ergebnissen anderer Studien verglichen werden, da die Thematik sehr speziell zu sein scheint und m. W. bislang keine Vergleichstudien für diese Altersklasse vorliegen.

Schwimmtechnisch ist eine flache und strömungsgünstige Wasserlage anzustreben, um den Widerstand zu minimieren und die Effizienz zu erhöhen, was durch einen kräftigen Rumpf begünstigt wird (McClellan, 2001; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015). Zusätzlich dient der Torso als Widerlager für die Antriebsbewegungen der Arme und Beine und beeinflusst damit den Vortrieb (Köhler et al., 2017). Ermüdet der Rumpf, fehlt die optimale Stabilität dieses Widerlagers, was unweigerlich negative Auswirkungen auf die Zuglänge und damit auf die Schwimmtechnik hat (Rosiana, 2002).

Die Kraftentwicklung darf jedoch nicht alleine für den Technik Score verantwortlich gemacht werden. Dass aus einer Videofeedbackintervention eine Verbesserung der schwimmerischen Technik in der Kraullage resultierte, deckte sich mit bisherigen Forschungsergebnissen (Giannousi et al., 2017; Bunker et al., 1976). Giannousi und Kollegen (2017) wiesen eine Technikverbesserung bei postpubertären Anfängerschwimmern in der Aufgabe 25 m Kraul mit Pullbuoy nach. Bunker und Kollegen (1976) zeigten eine Steigerung der Kraultechnik bei der Beinbewegung bei vorpubertären Kindern, allerdings nur für ältere (6,5 – 8,5 J), nicht für jüngere Kinder (4,5 – 6,4 J). Ähnliche Ergebnisse lieferte eine andere Studie, bei der ältere Grundschüler durch ein Videofeedbacktraining bessere Lernergebnisse erzielten als jüngere Grundschüler (Boyce, Markos, Jenkins, Loftus, 1996).

Richtet man den Fokus auf die Schwimmtechnik, bedarf es einer Betrachtung der Eingangswerte. KG und TG1b-VK haben ein ähnliches Eingangsrating von ca. 14 von 32 Punkten. Dieses eher niedrige Niveau konnte TG1b-VK deutlich verbessern und zwar um 31,41 Prozent, wohingegen sich KG nur um 8 Prozent steigerte. Das lässt den Schluss zu, dass ein kombiniertes Wasser-Landkrafttraining der Vortriebsmuskulatur bei 7- bis 10-Jährigen das Erlernen der Schwimmtechnik begünstigt.

Bei der Betrachtung der Entwicklung der Schwimmtechnik in den anderen beiden Gruppen TG2-VFB und TG1a-RK konnten diese trotz ähnlicher Eingangswerte von ca. 18 Punkten ihr Technikrating um 14,54 Prozent (TG1a-RK) und sogar um 21,41 Prozent (TG2-VFB) steigern. Auch wenn diese beiden Gruppen vom Prozentsatz her eine geringere Steigerung im Vergleich zu TG1b-VK aufwiesen, so ist die Entwicklung nicht weniger bedeutend, da dem höheren Eingangswert Rechnung getragen werden muss. Eine Steigerung von höherem Niveau ist daher hoch einzuschätzen (Behm et al., 2017).

In Anbetracht der ursprünglich formulierten Forschungsfragen konnte das Training der Rumpf- und der Vortriebsmuskulatur in Kombination mit dem Wassertraining die Schwimmtechnik bei 7- bis 10-jährigen Schwimmern verbessern. Des Weiteren zeigten auch die TG2-VFB- und die KG-Gruppe Steigerungen im Bereich der Schwimmtechnik nach einer 9-wöchigen Intervention. Auch wenn kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ermittelt werden konnte, führten die drei Trainingsformen TG1a-RK, TG1b-VK und TG2-VFB zu vergleichsweise größeren Fortschritten im Bereich der Schwimmtechnikentwicklung und sind für die Altersklasse von 7 bis 10 Jahren dem reinen Techniktraining im Wasser mit ausschließlich verbalem Trainerfeedback vorzuziehen.

6.9 Schwimmzeit über 25 m Kraul

6.9.1 Ergebnis und Diskussion der Schwimmzeitentwicklung bei Zweiteilung in Technik- und Kraftausdauer

Die Tabelle 48 zeigt jeweils die deskriptiven Daten für die Technik- und Kraftausdauergruppe.

Tab. 48. Anzahl (N), Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s sowie die prozentuale Veränderung (%) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s der Kraftausdauer (TG1-KA) und der Technikgruppe (TG2-T) für die drei Messzeitpunkten (W1, ..., W3)

	T _{25_W1}			T _{25_W2}			T _{25_W3}		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1-KA N = 23	29,81	5,09	-5,25	28,32	4,44	-4,77	27,03	4,09	-10,02
TG2-T N = 22	28,82	5,63	-1,77	28,32	4,06	+0,35	28,42	5,91	-1,42

Die Kraftausdauergruppe erreichte eine Reduzierung der Schwimmzeit von 29,81 s um 10,02 Prozent auf 28,03 s über den gesamten Interventionszeitraum. Die Technikgruppe verringerte die Schwimmzeit um 1,77 Prozent nach 4 Wochen und erhöhte die Zwischenzeit um 0,35 Prozent, was bei Betrachtung des gesamten Testzeitraums einer Zeitreduzierung von 1,42 Prozent entspricht.

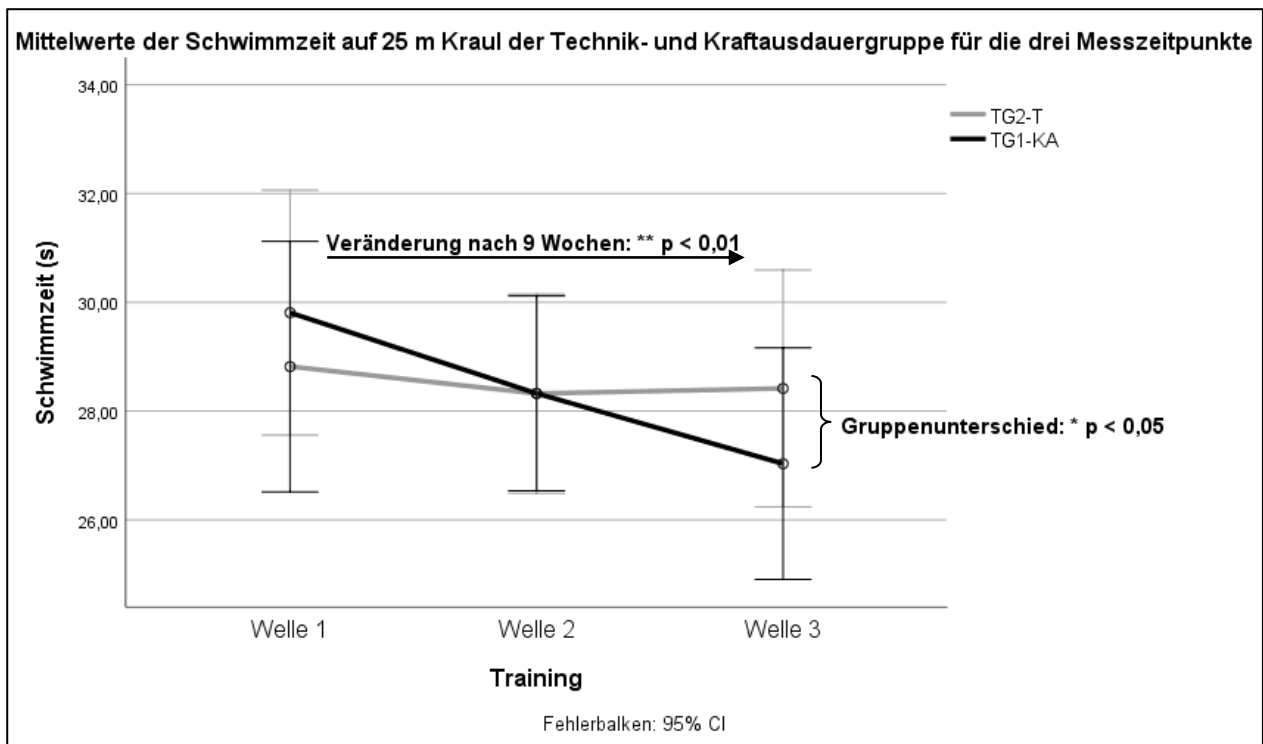


Abb. 51. Veränderung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkt W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$ signifikant, ** $p < 0,01$ sehr signifikant, *** $p < 0,001$ hochsignifikant)

Mithilfe des Normalverteilungstests (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$), des Histogramms und der Q-Q-Plots konnte für alle Messreihen der Variable T_{25} die Normalverteilung angenommen werden.

Der Mauchly-Test auf Sphärizität ($p = 0,008 < 0,05$) war signifikant, weshalb die Sphärizität nicht angenommen werden durfte. Es wurde daher eine Greenhouse-Geisser/Huynh-Feldt Korrektur ε der Freiheitsgrade vorgenommen. Aufgrund $\varepsilon = 0,83$ von Greenhouse-Geisser, betrachtete man Huynh-Feldt beim Test der Innersubjektfaktoren.

Der P-Wert von Huynh-Feldt bezüglich des Trainings über 9 Wochen ($F_{2;76} = 5,98$ $p = 0,005 < 0,01$, $\eta^2 = 0,122$) lieferte ein sehr signifikantes Ergebnis. Bezogen auf den Einfluss der Interventionsgruppe auf das Training (Training * Treatment) ergab Huynh-Feld ($F_{2;76} = 3,30$ $p = 0,048$, $\eta^2 = 0,071$) einen signifikanten Wert und einen mittleren Effekt ($\eta^2 = 0,071$). Die Technikgruppe unterschied sich daher signifikant ($p < 0,05$) von der Kraftausdauergruppe bezogen auf die Schwimmzeit (T_{25}) über 25 m Kraul nach einer 9-wöchigen Intervention. Nach Betrachtung der Statistik der Kraftausdauer- und der Technikgruppe musste die Nullhypothese (H_{0C}) verworfen und die Alternativhypothese (H_{1C}) angenommen werden. Das bedeutete, dass eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Kraftausdauer- und Techniktraining im Wasser die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern systematisch veränderte.

Bei der Zusammenführung der beiden Technikgruppen wurde deutlich, dass beide Gruppen (KG, TG2-VFB) sich nicht nennenswert über die kurze Kraulstrecke steigern konnten (-1,42%). Die TG1-KA-Gruppe zeigte eine deutliche Verbesserung

der Schwimmzeit (-10,02%). Dieser Unterschied war zwar signifikant ($p < 0,05$), aber der p-Wert liegt nur knapp unterhalb des Signifikanzniveaus. Obwohl sich für diese Betrachtung die Probandenanzahl erhöht, muss dieser Unterschied mit Vorsicht interpretiert werden, da sich Ausreißer in beiden Gruppen finden lassen (vgl. Kapitel 6.2.1). Die TG1-KA-Gruppe verringert ihre Schwimmzeit im arithmetischen Mittel um 2,78 s auf der 25 m Strecke, die TG2-T-Gruppe lediglich um 0,4 s.

Ein *noch mehr* an Techniktraining neben dem 30-minütigen Techniktraining im Wasser scheint sich weniger positiv auf die Schwimmzeit auf 25 m Kraul der Kinder auszuwirken als ein Kraftausdauertraining. Dies gilt zumindest für einen kurzen Testzeitraum von 9 Wochen.

Eine Studie untersuchte vorpubertäre Kinder im Alter von 7 bis 12 Jahren, wobei man eine Intervalltrainings-Gruppe und eine Langdistanztrainings-Gruppe verglich (Smit et al., 1979). Übungen für das Intervalltraining wurden so beschrieben, dass die Athleten nach einer kurzen Schwimmdistanz mit den Armen aus dem Becken kletterten und so schnell wie möglich zum Start liefen (Smit et al., 1979). Dieses Kombinationstraining hatte eine größere Leistungsverbesserung auf 100 und 400 m Kraul zur Folge als das Langdistanzschwimmtraining (Smit et al., 1979). Ungeachtet der grob fahrlässigen Anweisung, neben dem Schwimmbecken zum Start zu rennen (Sturzgefahr!), beschreibt diese Übung eine Kombination aus Kraftausdauer und Schwimmtraining, welches sich für die vorpubertären Kinder als effektiver herausstellte als das reine Wassertraining (Smit et al., 1979). Auch in diesem Fall bestätigte dies die Ergebnisse dieser Untersuchung.¹

Betreffend der formulierten Forschungsfrage, muss die allgemeine Hypothese angenommen werden (H3-c): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Kraftausdauertraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

¹ Auch wenn das Training von Fußballern nicht mit dem von Schwimmern verglichen werden kann, so zeigten sich in einer zumindest in Bezug auf das Alter der Probandengruppen und das Untersuchungsdesign vergleichbare Studie durchaus Parallelen: Negra und Kollegen (2020) verglich eine Kombination aus Krafttraining (plyometrisches Training) und Fußballtraining mit einem herkömmlichen Fußballtraining (Negra, Chaabenne, Fernandez-Fernandez, Sammoud, Bouguezzi, Prieske & Granacher, 2020). Größere Verbesserungen zeigten sich für die Krafttrainingsgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe (Negra et al., 2020). Diese Verbesserungen konnten v.a. im Drop Jump, im 3-hop-Test und im Sprinttest gezeigt werden (Negra et al., 2020). Außerdem wurde bei Negra und Kollegen (2020) genau wie in der vorliegenden Untersuchung eine Kombination aus Krafttraining und herkömmlichem sportartspezifischen Training durchgeführt. In beiden Studien konnte die Gruppe mit der kombinierten Intervention eine positivere Entwicklung zeigen, als die Gruppe mit dem traditionellen Training.

Außerdem muss die Nullhypothese ($H4_0$) beibehalten werden: Ein 9-wöchiges Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern nicht.

Für Jugendliche und Erwachsene konnten bisherige Ergebnisse zeigen, dass ein kombiniertes Krafttraining an Land mit einem Schwimmtraining im Wasser effektiver ist als ein reines Wassertraining, um die Schwimmleistung über 50 m Kraul (Girolid et al., 2007), über 400 m Kraul (Aspenes et al., 2009) oder beim Wasserball in Bezug auf die Beinbewegung des in-water-boosts (Sáez de Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff & Ramos Veliz, 2015) zu verbessern.

6.9.2 Ergebnis und Diskussion der Schwimmzeitentwicklung bei Vierteilung der Gruppen

Die Tabelle 49 bildet den Mittelwert und die Standardabweichung und die prozentuale Veränderung der vier Gruppen zum jeweiligen Messzeitpunkt sowie die Probandenanzahl ab.

Tab. 49. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s für die vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB, KG) für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)

	T _{25_W1}			T _{25_W2}			T _{25_W3}		
	\bar{x}	SD	% ₁₋₄	\bar{x}	SD	% ₄₋₈	\bar{x}	SD	% ₁₋₈
TG1a-RK N = 12	27,74	3,94	-6,1	26,14	3,63	-3,6	25,24	2,84	-9,7
TG1b-VK N = 11	32,07	5,40	-4,4	30,71	4,11	-5,9	28,99	4,45	-10,3
TG2-VFB N = 10	29,68	7,66	-6,6	27,84	5,36	+5,1	29,27	8,48	-1,5
KG N = 12	28,10	3,35	+2,2	28,72	2,75	-3,6	27,71	2,60	-1,4

Die Tabelle 49 besagt, dass

- die KG-Gruppe das arithmetische Mittel der Schwimmzeit 4 Wochen nach dem Eingangstest um 2,2 Prozent veränderte. Diese Gruppe unterbot nach 9 Wochen die Eingangszeit um 1,4 Prozent.
- die TG1a-RK-Gruppe den Mittelwert ihrer Schwimmzeit nach 4 Wochen und auch über den gesamten Interventionszeitraum reduzierte. Der Mittelwert der Schwimmzeiten verringerte sich von um 9,7 Prozent.
- die TG1b-VK-Gruppe beim Eingangstest den höchsten Mittelwert zeigte. Im Ausgangstest konnte ein Mittelwert von 28,99 s erreicht werden, was einer prozentualen Verbesserung von 10,3 Prozent entspricht.
- die TG2-VFB-Gruppe den Mittelwert der Schwimmzeit nach 4 Wochen um 6,6 Prozent reduzierte und erhöhte die im Zwischentest erreichte Schwimmzeit im Mittel um 5,1 Prozent, was einer prozentualen Veränderung von 1,5 Prozent über den Zeitraum von 9 Wochen gleichsteht.

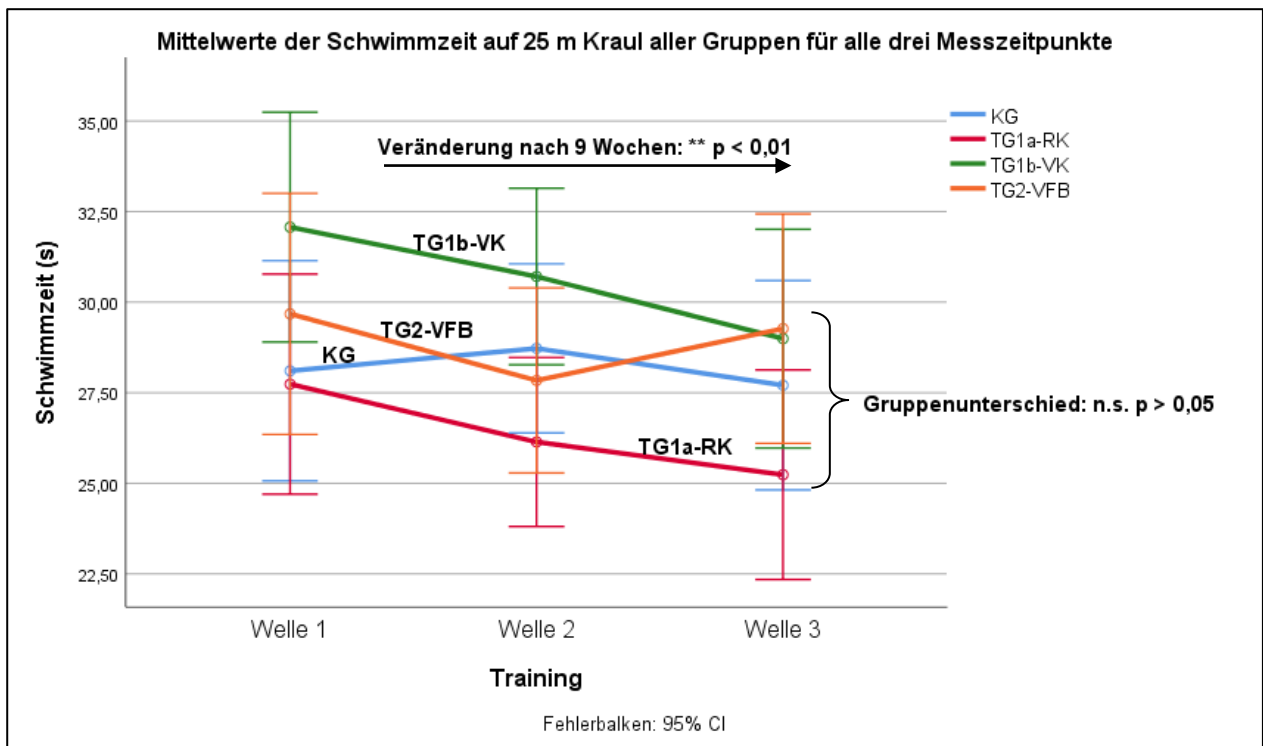


Abb. 52. Veränderung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)

Beim Test auf Normalverteilung kam der Shapiro-Wilk-Test zum Einsatz. Die P-Werte der Schwimmzeit (T_{25}) für alle Messzeitpunkte (W1,..., W3) konnte mit einer einzigen Ausnahme (T_{25_W3} für die Gruppe Videofeedback: $p = 0,42$) als nicht signifikant ($p > 0,05$) eingestuft werden. Nach Sichtung des Histogramms und der Q-Q-Plots für T_{25_W3} der Gruppe Videofeedback konnte auch hier von einer etwa Normalverteilung ausgegangen werden.

Bevor die Variablen und deren möglicher Einfluss aufeinander geprüft werden konnten, kam der Mauchly-Test auf Sphärizität zum Einsatz.

Der p-Wert beim Mauchly-Test unterbot die Signifikanzgrenze ($p < 0,05$), so dass eine Verletzung der Voraussetzung der Sphärizität vorlag. Es wurde daher eine Greenhouse-Geisser/Huynh-Feldt Korrektur ϵ der Freiheitsgrade vorgenommen (Girden, 2003).

Für den genannten Fall galt $\epsilon = 0,85$, so dass Huynh-Feldt für den Test der Innersubjekteffekte Aufschluss geben sollte. Bei der Betrachtung aller Gruppen ergab sich nach Huynh-Feldt ein sehr signifikanter Wert ($F_{2;78} = 6,13$, $p = 0,004$, $\eta^2 = 0,13$).

Der Einfluss der Interventionsgruppe, also Training * Treatment, konnte ebenfalls mit dem Test der Innersubjekteffekte bestimmt werden ($F_{6;78} = 1,94$, $p = 0,088$, $\eta^2 = 0,124$). Das bedeutete, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den vier Gruppen (TG1b-VK, TG1a-RK, KG, TG2-VFB) existiert.

Für die Entwicklung der Schwimmleistung galt für die vier Gruppen folgendes: Die Nullhypothesen (H_{0A} , H_{0B} , H_{0E} und H_{0F}) wurden verworfen und die Alternativhypothesen angenommen (H_{1A} , H_{1B} , H_{1E} und H_{1F}).

Hypothese (H_{1A}): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Rumpfkrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Hypothese (H_{1B}): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Vortriebskrafttraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Hypothese (H_{1D}): Ein 9-wöchiges Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

Hypothese (H_{1E}): Eine 9-wöchige Intervention bestehend aus Videofeedbacktraining und Techniktraining im Wasser verändert die Schwimmzeit auf 25 m Kraul bei 7- bis 10-jährigen Kindern.

In Bezug auf die formulierten Forschungsfragen wurde deutlich, dass sich ein 9-wöchiges kombiniertes Training der Schwimmtechnik und der Rumpfkraft positiv auf die Schwimmzeit bei vorpubertären Kindern auswirkte. Gleiches galt für das Kombinationstraining der Schwimmtechnik und der Vortriebskraft. Bei diesen beiden Gruppen konnte im Vergleich zu den Technikgruppen (KG: 1,4%, TG2-VFB: 1,5%) eine große Leistungssteigerung (TG1a-RK: 9,7%, TG1b-VK: 10,3%) erreicht werden, was insgesamt einer sehr signifikanten Veränderung entspricht ($p < 0,01$). Allerdings muss erwähnt werden, dass sich die vier Gruppen statistisch nicht voneinander unterschieden, wenngleich der p-Wert ($p = 0,088$) sehr nahe an die Signifikanzgrenze ($p = 0,05$) heranreichte.

Abbildung 52 und die Prozentsätze zeigten eine eindeutige Entwicklung bei beiden Kraftausdauergruppen. Sie verbesserten ihre 25 m Zeit stetig und zwar nach 4 Wochen und noch einmal im zweiten Interventionszeitraum. Die Leistungssteigerung der TG1a-RK nach einem Rumpfkrafttraining deckte sich mit einer Untersuchung bei jugendlichen Schwimmern im Rahmen eines Trainings zur Verbesserung der core stability (Weston et al., 2015). Weston und Kollegen (2015) konnten für Jugendliche im Alter zwischen 14 und 16 Jahren eine 2-prozentige Leistungssteigerung nach einer 12-wöchigen Rumpfkraftintervention bezogen auf die Schwimmzeit (T_{50}) nachweisen. Ein Rumpfkrafttraining hatte sich in vielen Sportarten als Verletzungsprophylaxe bewährt und konnte zur Verbesserung der sportlichen Leistung beitragen (Yang, 2015; Ullrich et al., 2014; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015; Salo & Riewald, 2008; Kibler et al., 2006; Hahn & Strass, 2017; Gambetta, 2012).

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass insbesondere für die 7- bis 10-jährigen Schwimmer ein Rumpfkrafttraining zu empfehlen ist, was durch eine Reihe von Schwimmtrainern und -experten bestätigt wurde (Marsh & Pilczuk, 2012; Sweetenham, 2012; Gambetta, 2012; Vorontsov, 2011; Salo & Riewald, 2008).

Die vermutete Beziehung zwischen der Schwimmleistung und der muskulären Kraft muss jedoch auch dem Alter (und damit den anthropometrischen und muskulären Komponenten) sowie dem Schwimmniveau der Probanden Rechnung tragen. Für diese Untersuchung lohnt sich daher die Betrachtung des unterschiedlichen Ausgangsniveaus der TG1a-RK und TG1b-VK. Die TG1a-RK startete mit einem Eingangswert von 27,74 s und TG1b-VK mit 32,07 s, was einem prozentualen

Unterschied von 14 Prozent entspricht. Die Differenz von mehr als drei Sekunden auf der kurzen 25 m Strecke ist als hoch einzuschätzen, wenngleich bei sehr jungen Athleten große Leistungssprünge zu Beginn ihrer Schwimmkarriere zu erwarten sind (Rudolph, 1999). Beide Gruppen erreichten eine ca. 10-prozentige Verbesserung ihrer Schwimmzeit auf dieser Distanz, jedoch muss eine Leistungsverbesserung auf einem höheren Eingangsniveau als bedeutendere Entwicklung gesehen werden (Behm et al., 2017). Um dies zu illustrieren, sei erwähnt, dass Topathleten im Schwimmen auf olympischem Niveau gerade einmal eine Leistungsverbesserung von 0,6 bis 1 Prozent pro Saison erzielen (Costa, Marinho, Reis, Silva, Marques, Bragada & Barbosa, 2010).

In einem Review wurden mehrere Studien zum Thema Kraftausdauer und Schnelligkeitstraining für Kinder untersucht (Behm et al., 2017). Dabei wurde deutlich, dass untrainierte Kinder größere Fortschritte im Bereich Sprung und Sprint nach einem entsprechenden Training zeigten als bereits trainierte Kinder (Behm et al., 2017).

Rudolph (1999) beschrieb in einem Artikel die Datenerfassung der 100 m-Leistungen aller Kinder und Jugendlichen der Altersklassen AK9 bis AK18 in Deutschland von 1992 bis 1998 und näherte die Leistungskurve mithilfe einer Funktion an (Abb. 53).

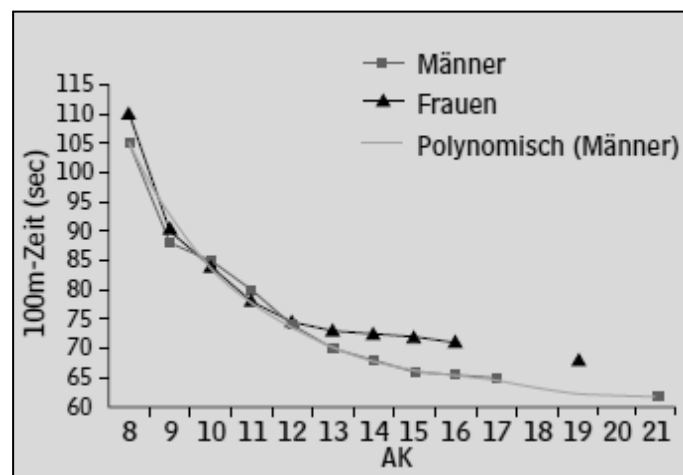


Abb. 53. 100 m Zeiten im arithmetischen Mittel aller 100 m-Teilabschnitte von AK9 bis AK18 (DSV 1992 bis 1998) mit Trendlinie (nach Rudolph, 1999, S.15).

Dabei wurde deutlich, dass für die AK8 bis zur AK9 Leistungssprünge von bis zu 10 s möglich waren, was umgerechnet auf 9 Wochen einer Verbesserung um 1,7 s entspräche. Die Veränderung der 25 m Zeit in dieser Untersuchung über alle Gruppen hinweg rangiert gemittelt bei 1,6 s und kam somit der erwarteten Entwicklung von 8-jährigen Schwimmkindern nahe (Rudolph, 1999). Allerdings muss in diesem Zusammenhang bedacht werden, dass es sich um einen Vergleich unterschiedlicher Strecken handelt.

Der kausale Zusammenhang zwischen der muskulären Kraft und der Schwimmleistung wurde bereits in den 80er Jahren ausführlich dokumentiert (Sharp et al., 1982; Sharp, 1986). Eine empirische Studie belegte, dass ältere Probanden ($15 \pm 1,1$ J) im Vergleich zu jüngeren ($11,9 \pm 1,2$ J) besser auf ein Krafttraining ansprechen, was bedeutet, dass dem Alter der Probanden diesbezüglich Rechnung getragen werden sollte, aber was nicht heißt, dass das Krafttraining im Kindesalter nutzlos wäre (Moran, Sandercock, Ramírez-Campillo, Wooller, Logothetis, Schoenmakers & Parry, 2018b).

Für die TG1b-VK muss kritisch bemängelt werden, dass zwei der Übungen für diese Altersklasse retrospektiv als ungeeignet eingestuft werden müssen. Die Übung Innenrotation und Ellbogenflexion musste von den Trainern bei nahezu jedem Training korrigiert werden. Es schien so, als wären diese beiden Übungen für diese Gruppe koordinativ noch zu anspruchsvoll gewesen. Alternativ könnten sich Klimmzugvarianten eignen, welche sich positiv auf die 50 m Sprintleistung bei Jugendlichen auswirken (Pérez-Olea et al., 2018). Neben den Klimmzügen können für die vorpubertären Kinder auch Liegestützvariationen gewinnbringend eingesetzt werden (Steffen & Hahn, 2017).

Die Progression im Krafttrainingsplan sollte unbedingt in weiteren Programmen implementiert werden, da eine konstante Krafttrainingsbelastung für jugendliche Schwimmer (10 – 14 J) zu inkonsistenten Ergebnissen in verschiedenen Brust- und Kraulvariablen führte (Pešić, Okičić, Madić, Dopsaj, Djurovic & Djordjevic, 2015).

Die Übung zur Außenrotation im Liegen wurde im Vergleich zur Innenrotation technisch betrachtet mit höherer Qualität realisiert. Es stellt sich jedoch die Frage, warum diese Gruppe dennoch ihre Schwimmzeit um fast 10 Prozent verbessern konnte bzw. wie sich die Schwimmzeiten entwickelt hätten, wenn die Kinder stattdessen eine einfachere Übung ausgeführt hätten. Es wird vermutet, dass insbesondere die zwei Übungen Liegestütz und Außenrotation neben dem Schwimmtraining im Wasser für diese Leistungssteigerung verantwortlich waren. Diese beiden Übungen sprechen in der Tat die Vortriebsmuskulatur an (Arme), dürfen aber nicht isoliert betrachtet werden, da die Rumpfmuskulatur bei beiden Übungen aktiv ist. Folglich erscheint eine strikte Trennung der beiden Kraftausdauergruppen als wenig sinnvoll und rechtfertigte eine Zusammenfassung zu einer Gruppe (TG1-KA). Die Ergebnisse dieser Untersuchung decken sich weitestgehend mit den Resultaten anderer Untersuchungen, welche den Zusammenhang der Kraft und der Sprintleistung nachwiesen (Costill, 1999; Pichon, Chatard, Martin & Cometti, 1995; Strass, 1988; Wilke, 1992; Miyashita, 1975; Hawley et al., 1992; Sharp et al., 1982; Costill et al., 1985). Neu ist, dass dieser Zusammenhang nicht nur für Erwachsene und Jugendliche, sondern auch für vorpubertäre Kinder zu gelten scheint.

Die Videofeedbackgruppe verbesserte die Schwimmzeit zwar beim Zwischentest, wies jedoch nach 9 Wochen keine nennenswerte Steigerung auf. Dies steht im Einklang mit anderen Untersuchungen (Giannousi et al., 2017). Giannousi und Kollegen (2017) zeigten zwar eine schwimmtechnische Verbesserung bei 18-jährigen Anfängerschwimmern, allerdings keine Leistungssteigerung über 25 m

Kraul (Giannousi et al., 2017). Das Videofeedback hatte nachgewiesenermaßen einen motivierenden Effekt auf die Athleten (Shimojo et al., 2008; Fehres, 1992; Weir & Connor, 2009), es wurde allerdings vermutet, dass der Motivationseffekt nach ein paar Wochen Videofeedbacktraining verblasst. Dies könnte eine Erklärung dafür liefern, dass die TG2-VFB lediglich eine Steigerung der Schwimmzeit nach 4 Wochen, nicht aber eine weitere Verbesserung nach 9 Wochen aufwies. Außerdem wäre es möglich, dass die schwimmtechnischen Verbesserungen zunächst nur bei moderater Geschwindigkeit gezeigt werden konnten. Bei Sprints fallen Kinder oftmals in alte Muster zurück und schwimmen unsauber.

Grundsätzlich wird empfohlen, solch ein Feedbacktraining kontinuierlich über mindestens 5 Wochen in einem zeitlichen Rahmen von 20 bis 40 Minuten pro Trainingseinheit durchzuführen (Magill, 2011; Nowoisky et al., 2012; Lindinger & Müller, 1996; Dausgs et al., 1991a; Boeckmann et al., 1979), wobei die Frage nach dem Aufwand und Ertrag stets Beachtung finden sollte (Hanselmann, 1988; Krause et al., 2010). Wie oft solch ein Training pro Woche angewendet werden soll, ist bisher nicht erforscht. Zwar konnte das Videofeedbacktraining mit dieser Gruppe innerhalb eines 30-minütigen Zeitfensters vollzogen werden, aber die Feedbackfrequenz von 50 Prozent musste aufgrund der Probandenanzahl (N = 10) als gering eingestuft werden. Faktisch blieb relativ wenig Zeit für eine sorgfältige Analyse aufgrund der beim Videofeedbacktraining vorausgesetzten Zeitintervalle. Möglicherweise könnte ein observatives Videotraining zusätzlich als Nachbereitung den Kindern helfen, noch größere Fortschritte zu erzielen.

Grundsätzlich rechtfertigt das Verhältnis zwischen Aufwand und Ertrag für die Altersgruppe zwischen 7 und 10 Jahren nur dann ein Videofeedbacktraining, wenn Kleingruppen von 3 bis 5 Schwimmern gebildet und eine Feedbackfrequenz von mindestens 67 Prozent (Wulf et al., 1993; Lindinger & Müller, 2002; Pöhlmann & Bernien, 1981) realisiert werden können, sowie ausreichend Zeit (bspw. 35-40 Minuten) und freie Schwimmbahnen zur Verfügung stehen. Gleichmaßen muss kritisch angemerkt werden, dass für diese Trainingsform im Schwimmen eine zweite Person (Trainer, Biomechaniker) benötigt wird (Fröhner et al., 2004). Das Feedback wird sich vor allem dann positiv auswirken, wenn der Schwimmexperte (z.B. Biomechaniker) über einen längeren Zeitraum eng mit dem Schwimmer und dem Trainer zusammenarbeitet (Persyn, Van Tilborgh, Daly, Colman, Vifvinkel & Verhetsel, 1988). Aus wissenschaftlicher Sicht wäre daher eine längsschnittliche Betrachtung des Videofeedbacktrainings interessant. Die hier vorliegenden Daten lassen keinen Schluss über die Langzeitentwicklung der Schwimmleistung zu, da längsschnittliche Effekte aufgrund der relativ kurzen Interventionsdauer nicht beurteilt werden können. Möglicherweise schlägt sich die schwimmtechnische Verbesserung nach einer Videofeedbackintervention erst über einen längeren Zeitraum (4 bis 6 Monate) auch in einer Steigerung der Schwimmleistung nieder. Im Rahmen solch einer Längsschnittstudie wäre auch interessant, wie oft pro Woche man solch ein Videofeedbacktraining anwenden sollte. In bisher gesichteten Studien wurde das Videofeedbacktraining oftmals zweimal pro Woche angewendet,

allerdings ist unklar, ob ein einmaliges oder beispielsweise ein dreimaliges Videofeedbacktraining kleinere oder größere sporttechnische Fortschritte liefert. Die KG-Gruppe konnte im Vergleich zu den anderen Gruppen die geringste Leistungssteigerung über die 25 m Kraulstrecke erzielen. Dies könnte daran liegen, dass das reine Techniktraining zwar die Technik verbessert (+8,05% im Technikrating), die Trainingsreize jedoch zu gering waren. Möglicherweise hätte die Trainingsbelastung, also Umfang und Intensität, für diese Gruppe (als älteste Gruppe) größer sein müssen.

Ein weiterer Punkt bezieht sich auf die Teilschwerpunkte der KG-Gruppe, die nach dem standardisierten Wassertraining folgten. Das Training der Starts, der Wenden und des Gleitens beeinflusst zwar die schwimmerische Leistung (West et al., 2011; Hay & Guimaraes, 1983; Cronin et al., 2007; Naemi, Easson & Sanders, 2010; Nicol, Ball & Tor, 2018), allerdings ist fraglich, inwiefern es auf die Leistung beim T_{25} -Test dieser Untersuchung wirkt. Der Start für die T_{25} -Leistung erfolgte aus dem Wasser - trainiert wurden Starts vom Startblock und aus dem Wasser - was in beiden Fällen das Reaktionsvermögen schult. Es wäre denkbar, dass die KG-Gruppe bei einem T_{25} -Test mit Start von oben besser abschneidet, da der Start insbesondere bei kurzen Distanzen einen erheblichen Einfluss auf die Schwimmleistung besonders bei Sprintdistanzen, hat (Arellano, Moreno, Martínez & Ona, 1996; Maglischo, 2003; Counsilman, Counsilman, Nomura & Endo, 1988). Auch die zweite Übung (Wende) beeinflusst die schwimmerische Leistung (Cronin et al., 2007), somit ist davon auszugehen, dass diese Gruppe möglicherweise bei einem T_{50} -Test auf der 25 m-Bahn bessere Ergebnisse hinsichtlich der Schwimmzeit liefern wird. Die dritte Übung (Gleiten + Variation) dient sicherlich dem Zweck, den Widerstand zu verringern und wird vielfach in der Schwimmliteratur empfohlen (Maglischo, 2003; Schneider, 2012; Wilke & Madsen, 1997; Lucero, 2010; Beck et al., 2017; Bissig & Gröbli, 2004). Es war jedoch zu beobachten, dass die Schwimmer beim T_{25} -Test wenig auf das Gleiten nach dem Start achteten, so dass hierbei mehr Schulung nötig wäre. In folgenden Studien wäre daher eine Testbatterie von beispielsweise T_{25} und T_{50} sowie die Protokollierung der Teilabschnitte (5 m, 15 m, Wendezeit etc.) sinnvoll, um eine genauere Differenzierung bei der Schwimmleistung vornehmen zu können.

Es darf an dieser Stelle nicht der Eindruck entstehen, dass die Kinder nicht mehr das herkömmliche Schwimmtechniktraining mit verbalem Feedback erhalten sollen. Die Daten dieser Untersuchung zeigen, dass sich durch solch eine Trainingsintervention sowohl die Schwimmtechnik, als auch die Schwimmleistung verbessern lässt, wenn auch geringer als durch andere Treatments. Das verbale Feedback des Schwimmtrainers ist sicherlich die einfachste Form des Techniktrainings (Boyce et al., 1996) und sollte weiterhin Bestandteil des Schwimmtrainings sein, da man auch mit einem reinen Schwimmtraining im Wasser Erfolge erzielen kann (Muckenfuss, 1989). Außerdem müssen technische Grundlagen im Kindesalter gelegt werden, was sich später im Alter auszahlen wird (Hohmann et al., 2017). Allerdings sollte man sich je nach Gruppe möglicherweise auf einen Teilschwerpunkt innerhalb eines Zeitintervalls (z.B. über 8 Wochen)

konzentrieren, statt wie hier auf drei verschiedene. Dennoch bietet insbesondere die Kombination aus Kraft- und Techniktraining für die vorpubertären Athleten größeres Potential. Auch das Videofeedbacktraining könnte in Kombination mit dem Krafttraining eine wirksame Methode darstellen, um einerseits Schwimmtechnik, als andererseits auch die Schwimmleistung zu entwickeln. Solch eine Untersuchung konnte bisher noch nicht gesichtet werden, sollte aber im Interesse weiterer sportwissenschaftlicher Forschung stehen.

6.10 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung sowohl für die vier Gruppen (KG, TG2-VFB, TG1a-RK und TG1b-VK) als auch für die Unterscheidung von zwei Gruppen (TG1-KA und TG2-T) zusammengefasst. Die in den Kästen gezeigten p-Werte repräsentieren den Gruppenunterschied. Die p-Werte auf den Pfeilen drücken aus, ob nach dem Interventionszeitraum eine signifikante ($p < 0,05$) Veränderung der jeweiligen Variable auftrat.

		Veränderung nach 9 Wochen	
4 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		n. s. p > 0,05	→ Sprungkraft
2 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1-KA, TG2-T)		n. s. p > 0,05	
4 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		n. s. p > 0,05	→ Wurfkraft
2 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1-KA, TG2-T)		n. s. p > 0,05	
4 Gruppen *** p < 0,001 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		*** p < 0,001	→ Rumpfkraft
2 Gruppen *** p < 0,001 (TG1-KA, TG2-T)		*** p < 0,001	
4 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		** p < 0,01	→ Schwimmkraft
2 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1-KA, TG2-T)		** p < 0,01	
4 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		*** p < 0,001	→ Schwimmtechnik
2 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1-KA, TG2-T)		*** p < 0,001	
4 Gruppen n. s. p > 0,05 (TG1a-Rk, TG1b-VK, TG2-VFB, KG)		** p < 0,01	→ Schwimmleistung
2 Gruppen * p < 0,05 (TG1-KA, TG2-T)		** p < 0,01	

Abb. 54. Zusammenfassung der Ergebnisse für vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-Vk. TG2-VFB, KG) und für die zusammengefassten Gruppen (TG1-KA, TG2-T). Die p-Werte bei den Gruppen geben den Gruppenunterschied an, die p-Werte auf den Pfeilen, ob ein Unterschied nach 9 Wochen erkennbar war. n.s. = nicht signifikant, * = signifikant ($p < 0,05$), ** = sehr signifikant ($p < 0,01$), *** hoch signifikant ($p < 0,001$)

6.11 Regressionsanalyse

Die Ergebnisse aller drei Teilmodelle wurden in Form von Pfadanalysen grafisch dargestellt. Außerdem folgt im Anschluss die Diskussion der Ergebnisse im Kapitel 6.11.4.

6.11.1 Teilmodell der Schwimmtechnik

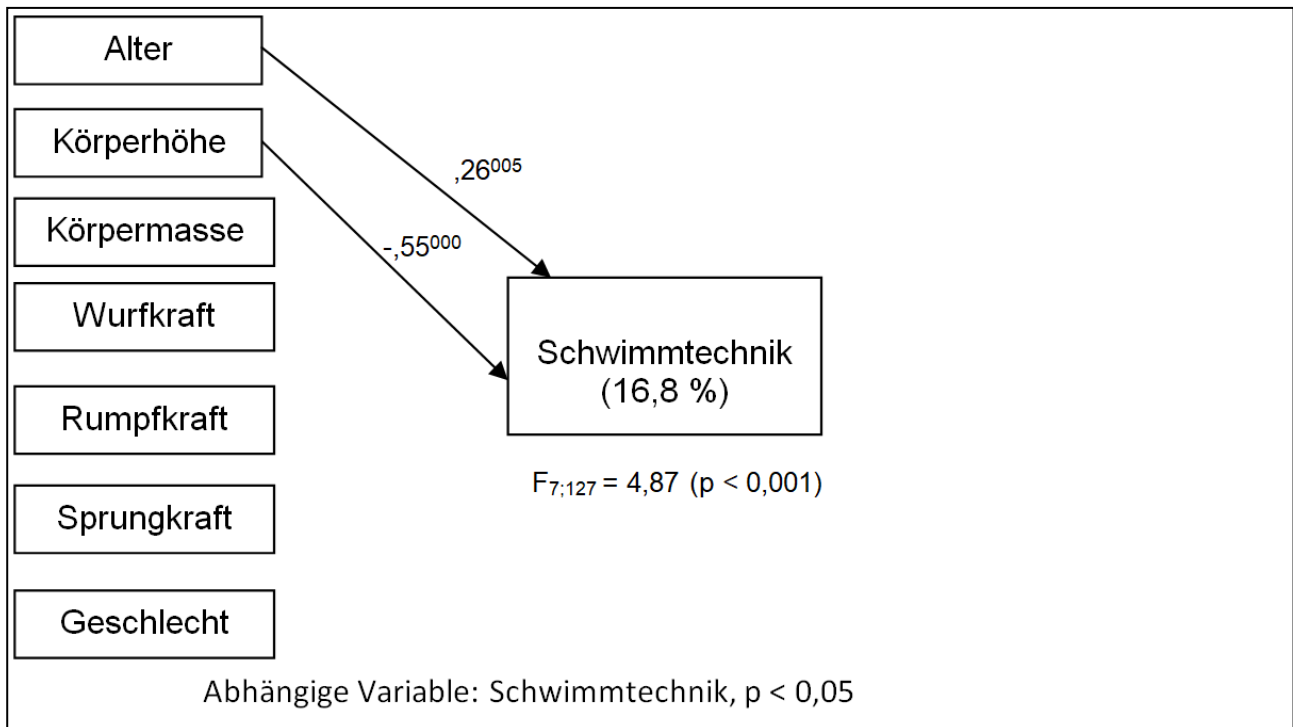


Abb. 55. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmtechnik und den Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder ($N = 45$; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte.

Dieses Teilmodell soll die Schwimmtechnik als Kriterium durch die Prädiktoren Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Alter im Rahmen eines Pfadmodells erklären (Abb. 55).

Die Prädiktoren Alter und Körperhöhe erklären zusammen 16,8 Prozent ($R^2\text{-adj} = 0,168$; $F_{7;127} = 4,87$; $p < 0,001$) der Varianz des Teilmodells Schwimmtechnik. Weder das Geschlecht, noch die Körpermasse, noch eine der erhobenen Kraftarten beeinflussten das Technikrating der 7- bis 10-jährigen Schwimmer. Die standardisierten Beta-Koeffizienten (β_1, \dots, β_n) auf den schwarzen Pfeilen beschreiben den Einfluss des Alters ($\beta_1 = 0,26$; $p < 0,005$) und der Körperhöhe ($\beta_2 = -0,55$; $p < 0,001$) auf die Schwimmtechnik. Für die Regressionsgleichung des Modells Schwimmtechnik ergab sich mithilfe der nicht standardisierten Regressionskoeffizienten für das Alter ($b_1 = 1,85$; $p < 0,005$) und der Körperhöhe ($b_2 = -0,4$; $p < 0,001$) daher folgendes:

Gl. 4. Regressionsgleichung y , der Konstante ($\alpha = 44,35$) und der Koeffizienten ($b_1 = 1,85; b_2 = -0,4$) für das Teilmodell Schwimmtechnik

$$y = 44,35 + 1,85x_1 - 0,4x_2 \quad (4)$$

6.11.2 Teilmodell der Schwimmkraft

Dieses Teilmodell erklärt die Schwimmkraft als Kriterium. Als Prädiktoren gelten Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht. Zur Veranschaulichung der Effekte diene auch hier ein Pfadmodell auf Basis der Regressionsrechnungen (Abb. 56).

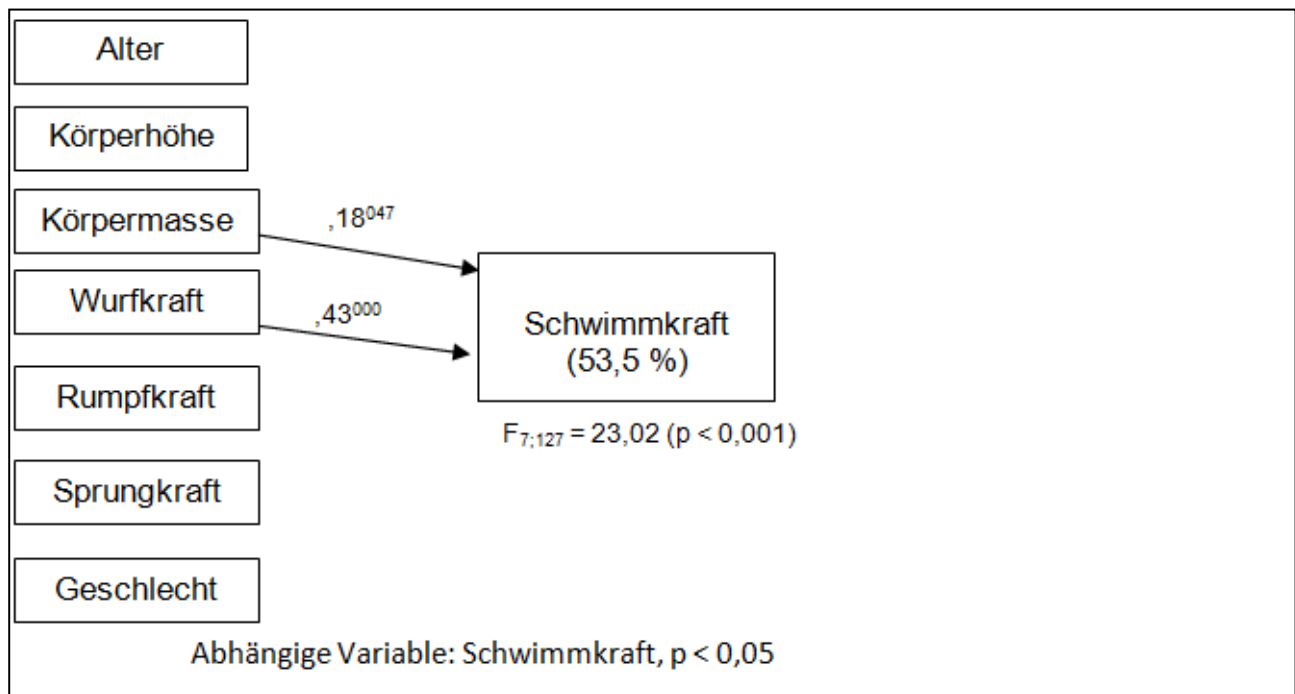


Abb. 56. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmkraft und den Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder (N = 45; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte.

Die Prädiktoren Körpermasse und Wurfkraft erklärten zusammen 53,5 Prozent ($R^2\text{-adj} = 0,535; F_{7;127} = 23,02; p < 0,001$) der Varianz des Teilmodells Schwimmkraft. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass die Rumpf- und die Sprungkraft offenbar keinen signifikanten Einfluss auf die Schwimmkraftwerte beim Tethered Swimming hatte. Auch die Prädiktoren Geschlecht, Alter oder Körperhöhe wirkten sich nicht auf die Schwimmkraft aus. Die standardisierten β -Gewichte beschreiben den Einfluss der Körpermasse ($\beta_1 = 0,18; p < 0,05$) und der Wurfkraft ($\beta_2 = 0,43; p < 0,001$) auf die Schwimmkraft. Mithilfe der nicht standardisierten Regressionskoeffizienten für die Wurfkraft ($b_1 = 7,14; p < 0,001$) und die Körpermasse ($b_2 = 0,28; p < 0,05$) ergab sich folgende Regressionsgleichung:

Gl. 5. Regressionsgleichung y , der Konstante ($\alpha = -12,53$) und der Koeffizienten ($b_1 = 7,14$; $b_2 = 0,28$) für das Teilmodell Schwimmkraft

$$y = -12,53 + 7,14x_1 + 0,28x_2 \quad (5)$$

6.11.3 Hauptmodell der Schwimmleistung

Das Hauptmodell der Schwimmleistung sollte durch die Prädiktoren Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht erklärt werden. Die Pfadanalyse (Abb. 57) diene auf Basis der Regression der Veranschaulichung.

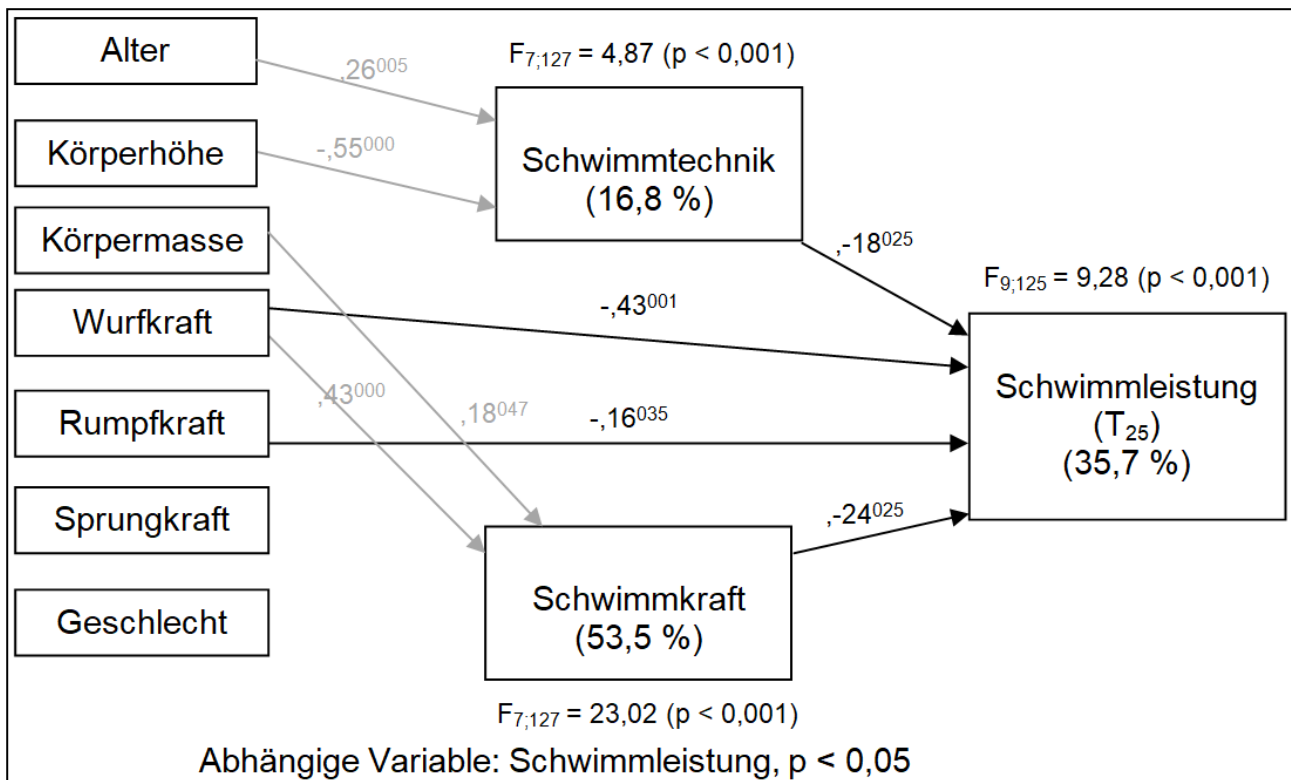


Abb. 57. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmleistung und den Prädiktoren Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder ($N = 45$; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte. Standardisierte β -Koeffizienten auf den Pfeilen mit dem Signifikanzniveau sowie der F-Wert.

Die Prädiktoren Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Rumpfkraft und Wurfkraft erklären zusammen 35,7 Prozent ($R^2\text{-adj} = 0,357$; $F_{9;125} = 9,28$; $p < 0,001$) der Varianz des Hauptmodells Schwimmleistung. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Sprungkraft und das Geschlecht offenbar keinen Einfluss auf die Schwimmleistung über 25 m Kraul hatten. Die Prädiktoren Alter, Körperhöhe wirkten auf die Schwimmtechnik, Körpermasse und Wurfkraft auf die Schwimmkraft (Abb. 57). Die Wurfkraft ($\beta_1 = -0,43$; $p < 0,01$) hatte neben der Schwimmtechnik ($\beta_2 = -0,18$; $p < 0,05$), der Schwimmkraft ($\beta_3 = -0,24$; $p < 0,05$) und der Rumpfkraft ($\beta_4 = -0,16$; $p < 0,05$) einen direkten Einfluss auf die Schwimmleistung. Für die Regressionsgleichung ergab sich mithilfe der nicht standardisierten Koeffizienten für die Wurfkraft ($b_1 = -3,84$; $p < 0,01$), die Schwimmtechnik ($b_2 = -0,15$; $p < 0,05$), die Schwimmkraft ($b_3 = -0,13$; $p < 0,05$) und der Rumpfkraft ($b_4 = -0,01$; $p < 0,05$) die Regressionsgleichung des Hauptmodells der Schwimmleistung:

Gl. 6: Regressionsgleichung y , der Konstante ($\alpha = 42,27$) und der Koeffizienten ($b_1 = -3,84$; $b_2 = -0,15$; $b_3 = -0,13$; $b_4 = -0,01$) für das Hauptmodell Schwimmleistung

$$y = 42,27 - 3,84x_1 - 0,15x_2 - 0,13x_3 - 0,01x_4 \quad (6)$$

6.11.4 *Diskussion der Regressionsmodelle*

Durch die Regressionsmodelle wurde versucht herauszufinden, ob anthropometrische, physiologische und schwimmspezifische Prädiktoren die Schwimmleistung vorhersagen. Für ein differenziertes Bild konnten zwei Teilmodelle (Schwimmtechnik und Schwimmkraft) und das Hauptmodell für die Schwimmleistung gebildet werden. Der F-Wert war bei allen drei Modellrechnung größer 1, das heißt die Modellvarianz war jeweils größer als die Fehlervarianz.

Im Bezug auf die Forschungsfrage wurde die Schwimmtechnik im Rahmen dieser Untersuchung lediglich durch das Alter und die Körperhöhe beeinflusst. Die beiden Prädiktoren konnten 16,8 Prozent der Varianz des Modells Schwimmtechnik erklären. Dass ein älterer Athlet innerhalb der 7- bis 10-jährigen Schwimmer ein besseres Score im Bereich der Schwimmtechnik zeigte, erscheint nachvollziehbar. Das steigende Alter korreliert positiv mit sportmotorischer Kompetenz (Barnett, Lai, Veldman, Hardy, Cliff, Morgan, Zask, Lubans, Shultz, Ridgers, Rush, Brown & Okely, 2016). Sowohl das höhere Trainingsalter als auch die individuelle biologische Reife der älteren Kinder würde das bessere schwimmtechnische Niveau im Vergleich zu den Jüngeren erklären. Eine andere Studie bestätigte, dass die biologische Reife die motorische Fitness an Land stärker beeinflusst, als die Muskelkraft (Katzmarzyk, Malina & Beunen, 1997). Ältere Kinder (8 – 10 J) zeigten in einer Untersuchung bessere Wasserkompetenzen im Vergleich zu jüngeren (6 – 7 J) (Costa, Frias, Ferreira, Costa, Silva & Garrido, 2020), was diesen Teil des Regressionsmodells bestätigt. Das Alter kann nach Milanese, Sandri, Cavedon und Zancanaro (2020) bei Sprint- (45,2 %), Wurf- (43,6 %), Sprung- (35,6 %) und Balancetests (25,6 %) die Varianz bei 6- bis 12-jährigen Kindern erklären.

Die Körpergröße hat in der vorliegenden Studie jedoch einen negativen Einfluss auf die Schwimmtechnik in diesen Altersklassen. Je größer ein Kind war, desto schlechter bewerteten die Trainer seine oder ihre Schwimmtechnik. Es ist durchaus möglich, dass Wachstumsschübe bereits vor der Pubertät eintreten (Mühl, Hekner & Swoboda, 1992) oder auch mehrere innerhalb einer Saison (Abbott, Yamauchi, Halaki, Castiglioni, Salter & Cobley, 2021). In einer weiteren Studie wurde diskutiert, dass junge Schwimmer während der Reifephase manche motorischen Bewegungsabläufe neu lernen müssen (Morais et al., 2017). Daher wird vermutet, dass größere Kinder möglicherweise bedingt durch das schnellere Wachstum oder gar einen Wachstumsschub schwächere schwimmtechnische Muster in dieser Altersklasse zeigten. Gegensätzliche Befunde lassen sich bei einer anderen Studie finden. Bei sportmotorischen Aufgaben an Land konnte einem Regressionsmodell positive β -Koeffizienten bezogen auf die Körperhöhe und verschiedene motorischen Tests bei 7- bis 10-jährigen Kindern ermittelt werden (Freitas, Lausen, Maia, Lefevre, Gouveia, Thomis, Antunes, Claessens, Beunen & Malina, 2015). In der Studie von Milanese und Kollegen (2020) konnte die Anthropometrie bei 6- bis 12-jährigen nur triviale Prozentsätze der Varianz für die Sprint-, Wurf-, Sprung und Balanceleistungen erklären. Bei 11- bis 12-jährigen Schwimmern konnte ein Zusammenhang zwischen den anthropometrischen Größen (Körpergröße,

Körpermasse, Body Mass Index, Hautfaltendicke und Armspanne) und den Zugparameter (i. S. Zuglänge, Zugfrequenz und Zugindex) hergestellt werden (Tijani, Zouhal, Rhihi & Hackney, Ben Ounis, Saidi & Ben Abderraham, 2019). Im Vergleich zu der hier vorliegenden Studie waren die Probanden älter, so dass der Einfluss der anthropometrischen Variablen auf die sportmotorische Leistung mit dem Alter zuzunehmen scheint. Die Zusammenhänge zwischen der Körpergröße, der biologischen Reifung, der Kraft und der motorischen Fitness scheint komplex und bedarf insbesondere für vorpubertäre Kinder weiterer Forschung (Katzmarzyk et al., 1997).

Überraschend ist, dass die Rumpfkraft offenbar keinen Einfluss auf das Technikscore der Kinder hatte. Auch wenn in der Literatur mehrfach auf den hohen Stellenwert eines stabilen Rumpfes beim Schwimmen eingegangen wird (McClellan, 2001; Vorontsov, 2011; Sanders & McCabe, 2015; Riewald, 2015; Prins, 2007; Konin & Barany, 2005) und die Bedeutung der Rumpfkraft auch aus der Analyse der Zuggewinne der vorliegenden Studie (vgl. Kapitel 6.2.3) hervorging, so kann dies durch die Regressionsrechnung aus den Daten der vorpubertären Kindern nicht bestätigt werden.

Auch das Geschlecht hat nach den vorliegenden Ergebnissen keinen Einfluss auf die Schwimmtechnik. Ein Studie bestätigte dies bei der Betrachtung der Schwimmfähigkeit von 4- bis 11-jährigen Kindern, wo ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern ($p = 0,56$) ermittelt werden konnte (Pharr, Irwin, Layne, Irwin, 2018).

Im zweiten Teilmodell wurde gezeigt, dass 53,5 Prozent der Kriteriumsvarianz durch die Prädiktoren erklärt werden. Die Wurfkraft der Arme aber auch die Körpermasse zeigen einen signifikanten ($p < 0,05$) Einfluss auf die Schwimmkraft beim Tethered Swimming. Die Schwimmkraft wurde beim Tethered Swimming bei 15-jährigen Schwimmern primär durch die Armarbeit bestimmt (Morouço, Marinho, Izquierdo, Neiva & Marques, 2015). Auch wenn Leistungen von Jugendlichen nicht per se auf vorpubertäre Kinder übertragen werden dürfen, wurde dennoch vermutet, dass auch die Schwimmkraft beim Tethered Swimming bei vorpubertären Kindern primär durch die Armarbeit zustande kam. Einige Schwimmer blieben unbeabsichtigt mit einem Fuß im Stahlseil hängen, was einerseits zu einer Übungswiederholung und andererseits aus subjektiver Beobachtung zu einem reduzierten Beinschlag führte. Der geringe Einfluss der Beinschlagbewegung auf die Schwimmkraft (i.S. des Gesamtvortriebs) würde auch erklären, warum die Beinkraft (Sprunghöhe beim CMJ) keinen Einfluss auf die Schwimmkraft im Rahmen dieser Untersuchung hatte. Mit steigendem Schwimmniveau dürfte sich diese Störvariable relativieren. Auch an Land konnte die Körpermasse als bester Prädiktor für das Kriterium Kraft für 7- bis 12-jährige Kinder ermittelt werden (Katzmarzyk et al., 1997).

In Kapitel 5.7.7 wurde die Frage gestellt, welche Prädiktoren das Kriterium Schwimmleistung bei vorpubertären Kindern erklären können. Die Prädiktoren Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Rumpfkraft und Wurfkraft erklären in der vorliegenden Studie 35,7 Prozent der Varianz des Modells. Der größte Einfluss kommt

dabei der Wurfkraft, gefolgt von der Schwimmkraft und der Schwimmtechnik zu. Dass sowohl die Schwimmtechnik, also auch die Schwimmkraft die Schwimmleistung beeinflussen, ist wohl bekannt und wird in dieser Studie für die vorpubertären Kinder dieser Studie bestätigt. Auch der Einfluss der Armkraft sowie der Rumpfkraft auf die Schwimmleistung wurde in der Literatur bestens belegt. Neu ist aber, dass der Einfluss auch für die vorpubertären Kinder gilt.

Ein erst kürzlich veröffentlichter Review berichtet vom Einfluss der Schwimmtechnik und der Anthropometrie auf die Schwimmleistung bei 10- bis 15-jährigen Schwimmern (Morais, Barbosa, Forte, Silva & Marinho, 2021). In diesem Review (Morais et al., 2021) wurden Studien beschrieben (Geladas, Nassis & Pavlicevic, 2005; Morais, Jesus, Lopes, Garrido, Silva, Marinho & Barbosa, 2012; Bielec & Jurak, 2019), die starke Korrelationen zwischen anthropometrischen Größen (Körpergröße, Armspanne, Handgröße) und der Sprintleistung beim Kraulschwimmen (50 und 100 m) aufzeigen konnten. Alle drei Studien untersuchten Probanden, die sich in etwa im selben Alter befanden (Bielec & Jurak, 2019: 11 – 12 J; Geladas et al., 2005: 12 – 14 J; Morais et al., 2012: 11 – 13 J). Bei der hier vorliegenden Arbeit konnte kein Zusammenhang zwischen der Körperhöhe und der Schwimmleistung auf 25 m Kraul nachgewiesen werden, was durch das geringere Alter der Probanden (7 – 10 J) erklärt werden kann. Aus dem Regressionsmodell einer aktuellen Studie mit großer Stichprobe (N = 363) ging hervor, dass bestimmte Schlüsselvariablen großen Einfluss auf die Schwimmleistung haben (Nevill, Negra, Myers, Sammoud & Chaabene, 2020). Schwimmer aller Lagen profitieren beispielsweise von einem niedrigen Körperfettanteil, breiten Schultern und Hüften und von einer großen Armspanne (Nevill et al., 2020). Morais und Kollegen (2021) verdeutlichten in ihrem Review, dass die Schwimmleistung für diese Altersgruppe (s.o.) keinesfalls auf einige wenige Faktoren zurückzuführen sei, sondern aus einer Interaktion aus verschiedenen Faktoren bestehe, die sich auch innerhalb einer Saison je nach Trainingsplan und Periodisierung ändern können (Morais et al., 2021).

Die Sprungmuskulatur der Beine hat in der vorliegenden Arbeit keinen Einfluss auf den Schwimmleistungsstest über die 25 m Strecke bei dieser Altersgruppe. Dies kann unter anderem dadurch erklärt werden, dass der Schwimmleistungsstest aus dem Wasser durch den Abstoß gestartet wurde. Auch ein kraftvoller Abstoß kann durch eine uneffektive Gleitlage verpuffen, so dass der fehlende Zusammenhang hier nicht überrascht. Es soll aber nicht der Eindruck erweckt werden, die Sprungkraft hätte keinen Einfluss auf die Schwimmleistung, denn die Sprunghöhe beim Squat Jump junger erwachsener Schwimmer (19 – 24 J) hatte in der Studie von Durovic, Dopsaj, Madic, Bojic und Okicic (2018) einen signifikanten ($p < 0,05$) Einfluss auf die 10 m-Leistung und konnte bei einem multiplen Regressionsmodell 16 Prozent der Varianz erklären. Hätte man einen herkömmlichen Startsprung bei der Schwimmleistung herangezogen, könnte der Einfluss der Sprungleistung beim CMJ auf die Schwimmleistung steigen und auch für die ganz jungen Schwimmer sichtbar werden, vorausgesetzt die Kinder beherrschen den Startsprung.

In den hier erarbeitenden Modellen hat die Körpermasse lediglich Einfluss auf die Schwimmkraft, und damit indirekt auf die Schwimmleistung. Für noch jüngere Probanden (3 – 6 J) konnte die Körpermasse jedoch bereits als bester Prädiktor für die Schwimmleistung nachgewiesen werden (Erbaugh, 2002).

Eine andere Studie untersuchte pubertäre spanische Athleten (11 – 13 J) hinsichtlich schwimmtechnischer (z.B. Gleiten beim Wenden sowie die Schwimm-lage mittels qualitativer und quantitativer Videoanalysen), somatischer (Sitzhöhe, Körperhöhe, Körpermasse, Armspanne) und schwimmspezifischer physiologischer Parameter und erstellte ein multidimensionales Regressionsmodell (Saavedra, Escalante & Rodriguez, 2003). Für beide Geschlechter hatte das chronologische Alter, der 30-Min Test und der Test der Schnelligkeitsausdauer (6 mal 50 m, Abgang alle 1:30 Min) den größten Einfluss auf die Schwimmleistung (Saavedra et al., 2003). In diesem Modell hatte die Körpergröße einen negativen Einfluss auf die Schwimmtechnik, aber keinen direkten Einfluss auf die Schwimmleistung. Bei 12-jährigen Mädchen konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Körperhöhe und der 100-Yard Schwimmleistung ermittelt werden (Stager, Cordain & Becker, 1984), was die Resultate dieser Untersuchung stützt.

Für den Altersbereich erwachsener Schwimmerinnen und Schwimmer liegen jedoch gegensätzliche Befunde zu unseren Ergebnissen vor. Dort konnte eine Studie diesbezüglich einen korrelativen Zusammenhang ($r = 0,60$) zwischen der Körperhöhe und der 50 m Schwimmleistung aufzeigen (Duché, Falgariette, Bedu, Lac, Robert & Coudert, 1993). Bekannt ist jedoch, dass die Topathleten über die Jahre immer größer werden (Mazzilli, 2019). Deshalb ist der Einfluss der Körperhöhe auf die Schwimmleistung im Erwachsenenalter (Pla et al., 2019), aber auch bereits bei pubertären Athleten insgesamt unbestritten (Nasirzade et al., 2015; Geladas, Nassis & Pavlicevic, 2005; Gomez-Bruton, Matute-Llorente, Pardos-Mainer, Gonzalez-Aguero, Gomez-Cabello, Casjus & Vicente-Rodriguez, 2016). Für die vorliegende Studie ist zu vermuten, dass aufgrund der vorherrschenden Heterogenität unter den Probanden die Körperhöhe in dieser Altersstufe noch keinen positiven Einfluss auf die 25 m Strecke hatte. Mit steigendem Alter bzw. schwimmerischen Niveau ist der positive Zusammenhang hinreichend belegt.

Bei steigenden Rumpfkraftwerten reduziert sich nach den vorliegenden Ergebnissen die Schwimmzeit. Die Ergebnisse anderer Studien zeigten hingegen bei jugendlichen und erwachsenen Schwimmern und Schwimmerinnen, dass die Rumpfkraft einen positiven signifikanten Einfluss auf die Schwimmleistung hatte (Karpinski et al., 2020; Weston et al., 2015). Neu ist, dass dieser Zusammenhang auch bei vorpubertären Kindern gilt. Dies konnte im Rahmen der Interventionsstudie bestätigt werden, auch wenn dieser biserial korrelative Zusammenhang innerhalb des multivariaten Regressionsmodells nicht explizit nachweisbar war.

Grundsätzlich ließen sich die gerechneten Modelle verbessern, indem man eine größere Datenmenge verwendet oder weitere Prädiktoren, wie z.B. die Handgröße oder die Armspanne hinzufügt. Letztere schien sowohl einen Einfluss auf die Schwimmleistung bei Kindern (Hohmann et al., 2018; Moura, Costa, Oliveira,

Júnior, Ritti-Dias & Santos, 2014, Geladas et al., 2005) als auch bei Erwachsenen zu haben (Sammoud et al., 2018). Auch die angesprochenen heterogenen Probandengruppen könnten durch eine differenzierte Altersclusterung optimiert werden. Subgruppen zwischen 7 bis 8 Jahren und 9 bis 10 Jahren würden bei ausreichend großer Probandenanzahl eine sinnvolle Einteilung darstellen.

7 Schlussbetrachtung

Ziel dieser Arbeit war es, die Auswirkungen eines Kraftausdauer- und eines Techniktrainings auf die Schwimmleistung und die Schwimmtechnik von vorpubertären Kindern zu untersuchen. Dazu wurden in dieser Untersuchung 7- bis 10-jährige Kinder neben einem Schwimmtechniktraining im Wasser auch einer 9-wöchigen Intervention (Kombination aus Kraftausdauer- und Techniktraining, reines Techniktraining) unterzogen. Die Tests für die Probanden bestanden aus der Messung der Sprungkraft, der Wurfkraft, der Rumpfkraft, der Schwimmkraft, der Schwimmtechnik und der Schwimmleistung.

Eine Empfehlung, welche der drei Interventionen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB) langfristig den größten Erfolg im Bereich der Schwimmtechnik verspricht, konnte an dieser Stelle nicht eindeutig geliefert werden, da alle drei Gruppen bedeutende Verbesserungen der Schwimmtechnik zeigten. In Anbetracht des Zeitaufwandes wurde geschlussfolgert, dass die Kraftausdauergruppen gegenüber der Technikgruppen keinen Nachteil im Hinblick auf das Erlernen der Schwimmtechnik erkennen ließen. Außerdem blieb festzuhalten, dass TG1b-VK und TG1a-RK weniger Bahnen blockierten, da lediglich zwei Mal die Woche je 30 Minuten Wasserzeit auf je einer Schwimmbahn angesetzt wurden. Die TG2-VFB musste alleine für die Umsetzung des Videofeedbacks in Kleingruppen zwei Bahnen zwei Mal die Woche für je 60 Minuten nutzen. Auch der organisatorische und personelle Aufwand (plus ein weiterer Trainer) war beim TG2-VFB deutlich höher als bei den Kraftausdauergruppen TG1a-RK und TG1b-VK. Sollte man ein TG2-VFB-Training durchführen, so bedarf es einer umfangreichen Planung (Gil-Arias et al., 2019). Ein Training der Arme, Beine und des Rumpfes in Kombination mit dem Techniktraining im Wasser scheint daher aus qualitativer und quantitativer Sicht sinnvoller für die 7- bis 10-jährigen Schwimmer zu sein als ein eher aufwändiges TG2-VFB-Training oder reines Schwimmtraining mit verbalem Feedback. Bezogen auf die Schwimmleistung kann die Kraftausdauergruppe (TG1-KA) deutliche Leistungssteigerungen im Vergleich zur Technikgruppe (TG2-T) liefern, so dass die Kombination aus Kraftausdauertraining an Land und Techniktraining im Wasser für die 7- bis 10-jährigen Schwimmer am effektivsten zu sein scheint.

Veränderungen im Bereich der Sprungkraft der Beine oder der Wurfkraft der Arme könnte die Verbesserungen des Technikscores und der Schwimmleistung erklären, wohl aber auch die deutliche Steigerung der Rumpfkraft. Bereits im Jahr 2015 wurde das Krafttraining für vorpubertäre Kinder im Rahmen des Nachwuchskonzepts 2020 des Deutschen Schwimmverbandes als Bestandteil des

Kombinationstrainings aus Land- und Wassereinheiten implementiert (Rudolph et al., 2015). Das darin enthaltende Wasser-Landverhältnis war mit 71 zu 29 Prozent für die 7- bis 9-Jährigen angegeben (Rudolph et al., 2015). Nach Witt (2014) zeigten seinerzeit einige deutsche Athleten im Bereich der Rumpfkraft noch deutliche Leistungsreserven, was für eine Veränderung des Wasser-Landverhältnisses spräche.

Auch die wissenschaftliche Datenlage dieser Untersuchung deuten daraufhin, dass sich eine Kombination aus Schwimmtechnik- und Krafttraining für die Verbesserung der Schwimmtechnik und der Schwimmzeit lohnt. Dafür wäre das Verhältnis 60:40 oder sogar 50:50 für die vorpubertären Kinder denkbar, da der vorliegenden Studie sowohl im Bereich der Schwimmleistung, als auch im Bereich der Schwimmtechnik deutliche Leistungssteigerungen zeigten. Allerdings vermag diese Untersuchung die Langzeitentwicklung der Kinder nicht zu beurteilen.

7.1 Einfluss des Techniktrainings auf die Schwimmtechnik

Mehrfach wird die Schlüsselrolle der Schwimmtechnik für junge Athleten betont (Figueiredo, Silva, Sampaio, Vilas-Boas & Fernandes, 2016; Silva et al., 2013). Selbstverständlich hat die Art des Techniktrainings einen signifikanten Einfluss auf die Schwimmtechnik der Athleten und damit auf die schwimmerische Entwicklung im Erwachsenenalter (Jerszynski et al., 2013; Morais et al., 2014). Unabhängig von den Daten dieser Untersuchung hätte man diese These bedenkenlos als zutreffend eingestuft, denn das Techniktraining für Schwimmer wurde seit vielen Jahren gewinnbringend eingesetzt. Welche Art des Techniktrainings jedoch den größten Erfolg verspricht, ist weniger leicht zu beantworten. Für jedes Techniktraining und damit auch für jeden Trainer ist das Feedback fundamental wichtig. Allerdings hat sich in der Literatur gezeigt, dass eine Vielzahl von unterschiedlichen Feedbackvarianten zielführend eingesetzt werden kann, wenngleich allerdings auch hier unklar bleibt, welche Form des Feedbacks für den jeweiligen Athleten am besten geeignet ist.

Eine Probandengruppe konnte nach einer 8-wöchigen Interventionsstudie – bei traditionellem Techniktraining – ihre Schwimmtechnik (active drag coefficient) nicht verbessern (Marinho et al., 2010). In einer frühen Studie wurden bei 6- bis 8-jährigen Schwimmern nach einem Videofeedbacktraining positive Lernfortschritte beim Kraulbeinschlag protokolliert (Bunker et al., 1976). In der Untersuchung von Krause und Kollegen (2010) profitierten jugendliche Athleten (14 – 18 J) von einem 8-monatigen Videofeedbacktraining.

Für diese Untersuchung stellt sich unter anderem die Frage, ob die TG2-VFB durch ein Videofeedbacktraining oder die KG durch verbales Feedback die bessere schwimmtechnische Entwicklung lieferte. Aus den hier vorliegenden Daten muss, bezogen auf die Schwimmtechnik geschlussfolgert werden, dass die TG2-VFB ein deutlich höheres Rating durch die Schwimmtrainer nach der 9-wöchigen Intervention erzielte. Das hieße, dass die TG2-VFB mit 21 Prozent eine mehr als

doppelt so große Entwicklung im Vergleich zur Kontrollgruppe mit 8 Prozent lieferte. Statistisch betrachtet ist die Veränderung des Ratings beider Gruppen hochsignifikant ($p < 0,001$), das heißt, ein gezieltes Techniktraining verbessert die schwimmerische Technik von vorpubertären Kindern – egal ob durch verbales Feedback oder durch Videofeedback. Jedoch muss hierbei auch erwähnt werden, dass sich die beiden Technikgruppen statistisch nicht signifikant voneinander unterscheiden ($p > 0,05$), obwohl eine Tendenz zu erkennen war, dass sich die TG2-VFB mit 21 Prozent Steigerung im Rating einer 8-prozentigen Veränderung der KG abzuheben scheint.

7.2 Einfluss des Techniktrainings auf die Schwimmleistung

Das Techniktraining für Schwimmer dient selbstverständlich nicht nur der Gewinnung schwimmtechnischer Fertigkeiten, sondern insbesondere im Wettkampfsport auch der Verbesserung der Schwimmleistung. Daher stellt sich die Frage, welche der beiden Technikinterventionen hinsichtlich der Schwimmleistung ein besseres Resultat liefert.

Die Bedeutung von Kraft (gemessen als Kraftproduktion F) und Technik (gemessen als active drag coefficient) für die Schwimmleistung ist theoretisch und praktisch erwiesen (Havriluk, 2010). Besonders schnelle Schwimmer profitierten laut einer Studie mehr von ihrer Schwimmtechnik als von ihrer Kraft (Havriluk, 2010). Allerdings erwähnt Havriluk (2010) auch, dass schnellere Schwimmer ihre Kraft besser auf das Wasser übertragen konnten als langsamere.

In der vorliegenden Studie konnte eine Leistungssteigerung von 1,4 Prozent bei der KG-Gruppe und von 1,5 Prozent bei der TG2-VFB registriert werden. Erstaunlicherweise zeigten beiden Gruppen hierbei eine etwa gleichwertige Entwicklung, was eine Zusammenführung der beiden Technikgruppen rechtfertigte. Allerdings kann aufgrund der ähnlichen Leistungssteigerungen der Schwimmzeit kein Favorit bezüglich des Techniktrainings (KG vs. TG2-VFB) deklariert werden.

7.3 Einfluss des Kombinationstrainings aus Kraftausdauer- und Techniktraining auf die Schwimmtechnik

Die Ergebnisse bei den beiden Kraftausdauergruppen sollten dabei helfen, die Frage zu beantworten, ob und wenn ja, wie groß der Einfluss einer gekoppelten Kraftausdauer-Technik-Intervention auf die Schwimmtechnik ist. Die Daten zeigen, dass die TG1a-RK das Rating der Schwimmtechnik um fast 15 Prozent verbesserte, TG1b-VK sogar um 31 Prozent. Diese Entwicklung ist als hoch signifikant einzustufen ($p < 0,001$). Auch bei der Zusammenführung der beiden Gruppen zur TG1-KA-Gruppe ergab sich eine 21-prozentige Steigerung. Diese Entwicklung übertraf sogar die Technikgruppe TG2-T, obwohl die TG1-KA-Gruppe deutlich weniger Zeit für die Schwimmtechnik aufgewendet hatte. Einen statistischen Unterschied zwischen der TG2-T- und der TG1-KA-Gruppe

hinsichtlich des Ratings der Schwimmtechnik können die Daten nicht belegen. Als Folge davon ist insbesondere für diese Altersklasse für die Entwicklung der Schwimmtechnik kein reines Techniktraining, sondern eine Kombination aus Kraftausdauer- und Techniktraining zu empfehlen.

In einer 34-wöchigen Studie wurden Jugendliche ($13,33 \pm 0,85$ J) einem Kraft- und Techniktraining unterzogen (Morais et al., 2018). Sie durchliefen $7,35 \pm 1,17$ Trainingseinheiten pro Woche und wurden zu drei Testzeitpunkten am Ende des Makrozykluses evaluiert (Morais et al., 2018). In der Studie von Morais und Kollegen (2018) konnten die Probanden durch eine Kraftausdauerintervention ihre Oberkörperkraft verbessern, was zu einer signifikanten Veränderung des Zugverhaltens (i. S. einer größeren Zuglänge) beim Kraulschwimmen führte. Es wurde geschlussfolgert, dass das Kraftausdauertraining einen direkten Einfluss auf die Schwimmtechnik (Zuglängen-Zugfrequenz-Verhältnis) bei 13-jährigen Schwimmern hat. Dies bestätigte auch eine andere Untersuchung von Lopes und Kollegen (2019), bei der Kraftvariablen (Bankdrücken, Squats, CMJs, Medizinballwurf) nicht nur die Schwimmleistung, sondern auch biomechanischen Variablen beeinflusste (Zuglänge, Zugfrequenz, Zugindex) (Lopes, Goncalves, Graca, Neiva & Marinho, 2019).

Damit werden die Resultate der vorliegenden Untersuchung bestätigt, wenngleich sich das Alter der Probanden (7-10 J vs. 13-14 J) und der Interventionszeitraum (9 Wochen vs. 34 Wochen) deutlich unterscheiden. Innerhalb des 34-wöchigen Zeitraums wurden deutliche Veränderungen im Bereich der Anthropometrie (v.a. Armspanne) registriert, was sich positiv auf die Oberkörperkraft (gemessen durch die Wurfgeschwindigkeit im Sitzen) auswirkte (Morais et al., 2018). In der vorliegenden Studie wurden einerseits ein triviales Längenwachstum (wenig überraschend, da kürzerer Testzeitraum als bei Morais et al., 2018) und andererseits triviale Veränderungen der Armkraft (Medizinballstoß) gemessen. Die Leistungssteigerung im Bereich der Kraft und der Technik sind hier durch die signifikante Zunahme der Rumpfkraft zu erklären. Bei Morais und Kollegen (2018) wurde die Leistungssteigerung hingegen durch einen Zugewinn an Oberkörperkraft erklärt. Es ist somit denkbar, dass für die vorpubertären Kinder die Rumpfkraft neben der Armkraft entscheidend sein könnte (Kapitel 6.11.3 Hauptmodell der Schwimmleistung), für pubertäre jedoch die Armkraft (Morais et al., 2018). Um diese Aussage zu verifizieren, wären die Rumpfkraftwerte der Probanden von Morais und Kollegen (2018) interessant. Allerdings wurde lediglich die Armkraft, nicht aber die Rumpfkraft in der Studie erhoben.

7.4 Einfluss des Kombinationstrainings aus Kraftausdauer- und Techniktraining auf die Schwimmleistung

Im Hinblick auf die Schwimmleistung zeigte die TG1a-RK eine fast 10-prozentige Verbesserung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul. TG1b-VK wies eine fast 11-prozentige Reduzierung der Schwimmzeit auf. Diese Entwicklung ist aus

statistischer Sicht als sehr signifikant ($p < 0,01$), wenngleich zwischen den vier Gruppen bezüglich der Schwimmzeit kein signifikanter Unterschied bestand. Für die Schwimmleistung der TG1-KA-Gruppe ergab sich eine 10-prozentige Verbesserung, wohingegen die TG2-T-Gruppe lediglich eine 1,4-prozentige Reduzierung aufzeigte. Die beiden Gruppen (TG1-KA und TG2-T) unterschieden sich signifikant ($p < 0,05$).

Die Schwimmleistung hängt einerseits davon ab, den größtmöglichen Vortrieb zu erzeugen, andererseits muss der Schwimmer den bestehenden Widerstand im Wasser bewältigen (Costill et al., 1995; Counsilman, 1977; Vorontsov & Rummyantsev, 2000; Kojima et al., 2014; Nugent et al., 2018). Der Vortrieb wird aus Sicht von Trainern und Wissenschaftlern bei den meisten Schwimmstilen (Kraul, Schmetterling und Rückenkräul) von den Armen dominiert (Wilke, 1992; Toussaint, 2011; Bucher, 1975; Counsilman & Counsilman, 1994; Hollander, de Groot & Van Ingen Schnau, Kahman & Toussaint, 1988; Makarenko, 1978; Nauß & Witt, 2010; Harrison, Cohen, Clearly, Mason & Pease, 2014; Morouço et al., 2014a) und beeinflusst damit maßgeblich die Schwimmgeschwindigkeit (Bucher, 1975; Hollander et al., 1988; Zamparo, Pendergast, Mollendorf, Termin & Minetti, 2005). Infolgedessen scheint es ratsam, den Einfluss des Krafttrainings an Land auf die Schwimmleistung zu untersuchen. Die meisten Studien, die eine Krafttrainingsintervention im Bereich Schwimmen beinhalten, fokussierten sich auf die Sprintstrecken, obwohl die Armkraft auch für eine 400 m Strecke bedeutend war (Hawley et al., 1992).

Einen positiven Zusammenhang zwischen Kraft im Oberkörper und der Sprintleistung im Schwimmen konnte von vielen Autoren mithilfe von unterschiedlichen Testverfahren und Interventionen nachgewiesen werden (Costill, 1999; Pichon et al., 1995; Strass, 1988; Wilke, 1992; Miyashita, 1975; Hawley et al., 1992; Sharp et al., 1982; Costill et al., 1985, Zampagni, Casino, Visani, Martelli, Benelli, Marcacci & Vito, 2006). Positive Korrelationen zwischen Kraftvariablen und der Schwimmleistung (50 bis 100 m) ergaben sich beispielsweise durch ein Hanteltraining ($r = 0,56 - 0,83$, Strass, 1988), durch ein Training mit dem Übungsinhalt Bankdrücken ($r = 0,58$, $p < 0,01$, Garrido et al., 2010a), durch ein Training des Latissimuszugs ($r = 0,64$, $p < 0,05$, Crowe, Babington, Tanner & Stager, 1999) oder durch ein Klimmzugtraining ($r = 0,76$ bis $0,80$, $p < 0,05$), wobei die Anzahl der Klimmzüge nicht bedeutend zu sein schien (Pérez-Olea et al., 2018). Eine aktuelle Studie kombinierte das Schwimmtraining im Wasser mit einem Krafttraining (Beinpresse, Kniebeugen, CMJ und Medizinballwurf) über einen 8-wöchigen Interventionszeitraum (Lopes, Neiva, Gonçalves, Nunes & Marinho, 2021). Im Vergleich zur Kontrollgruppe verbesserte die Experimentalgruppe die Schwimmleistung (50 m: $p < 0,01$, $d = 0,47$; 100 m: $p < 0,05$, $d = 0,42$, d : Cohen's d ; Lopes et al., 2021). Eine Meta-Analyse berichtete, dass ein Krafttraining aber nicht nur positive Auswirkungen bei kurzen Distanzen, sondern auch bei mittleren und langen Strecken hat (Berryman, Mujika, Arvisais, Roubeix, Binet & Bosquet, 2018). Durch das Krafttraining im Mesozyklus konnten Läufer, Radfahrer und Schwimmer nach Auswertung von Berryman und Kollegen (2018) eine Leistungssteigerung in Mittel- und Langdistanzen eine standardisierte Mittelwertdifferenz von 0,52 erzielen.

Ein aktuelles Review von Fone und van den Tillaar (2022) bestätigt, dass eine Kombination aus Kraft- und Schwimmtraining effektiver ist, als reines Schwimmtraining und beziffert die Schwimmleistungssteigerung für Probanden im Alter zwischen 13 und 24 Jahren auf 2 bis 2,5 Prozent.

Es existiert eine Vielzahl von Studien, die versuchten, die Auswirkungen einer Krafttrainingsintervention auf die Schwimmleistung nachweisen oder widerlegen. Positive Ergebnisse hinsichtlich der Schwimmleistung (T_{50}) und der Sprungleistung (CMJ) liefert eine aktuelle Studie (Marques, Yanez-Garica, Marinho, Gonzales-Badrillo & Rodriguez-Rosell, 2020) nach einem Krafttraining (niedriger Umfang, niedriges Gewicht und maximaler Durchführungsgeschwindigkeit) bei 16-jährigen Schwimmern. Die Vergleichbarkeit der beschriebenen Arbeiten erscheint schwierig, da unterschiedliche Körperregionen (Hände, Arme, Beine und Rumpf), unterschiedliche Probandengruppen (Leistungsniveau, Alter, Geschlecht) oder gar keine Kontrollgruppe (Miyashita, 1975; Manning et al., 1986) untersucht wurden. Verschiedene Krafttests (isokinetische-, biokinetische-, Wingate-Geräte) und Schwimmtests (25 Yards, 25 m, 50 m) erschweren zudem die Vergleichbarkeit (Crowley et al., 2017). Neben dem herkömmlichen Krafttraining (Aspenes et al., 2009; Tanaka et al., 1993; Giroid et al., 2007; Trappe & Pearson, 1994; Manning et al., 1986; Strass, 1988; Giroid et al., 2012; Garrido, Silva, Fernandes, Barbosa, Costa, Marinho & Marques, 2012) oder der biokinetischen Schwimmbank (Roberts, Termin, Reilly & Pendergast, 1991; Sharp et al., 1982) kam das Core-Training (Weston et al., 2015) zum Einsatz. Das freie Schwimmen beinhaltet jedoch nicht nur die Armbewegung, sondern auch den Beinschlag sowie die damit verbundene Gesamtkoordination, welche durch eine isokinetische (Scott, 2001; 2018a; 2018b; Swaine, 1997; 2000; Konstantaki et al., 1998; Ganter et al., 2007; Hermsdorf, 2012; Hahn & Strass, 2017; Höltker et al., 2000) oder biokinetische Schwimmbank (Sharp et al., 1982; Costill et al., 1983; Yancher et al., 1983; Dingley et al., 2015) oder einen Wingate Apparat (Hawley & Williams, 1991) nicht berücksichtigt werden kann, so dass diese Geräte den dreidimensionalen Zugverlauf im Kraulschwimmen nicht adäquat abbildeten (Sharp et al., 1982; Christensen & Smith, 1987; Klauck & Daniel, 1992; Olbrecht & Clarys, 1983; Kojima et al., 2014; Hopper et al., 1983; Counsilman & Counsilman, 1994; Sharp, 1986; Spigelman, Cunningham, Mair, Shapiro, Uhl & Mullineaux, 2009).

Trotz aller Kritik und z.T. wenig schlüssiger Ergebnisse (Tanaka et al., 1993; Trappe & Pearson, 1994; Giroid et al., 2007; Garrido et al., 2010a; Sadowski, Mastalerz, Gromisz & Niżnikowski, 2012) scheint das Krafttraining und die damit verbundene Muskel- und Schnellkraft der Arme, Beine und des Rumpfes nach Ansicht des Autors sowie auch anderer Forscher die Schwimmleistung positiv zu beeinflussen (Crowley et al., 2017; Vorontsov, 2011; Aspenes & Karlsen, 2012; Sharp et al., 1982; Costill et al., 1986; Giroid et al., 2007; Tanaka & Swensen, 1998; Marques et al., 2020). Dennoch sollten weitere Studien diese Hypothese untermauern und vor allem einheitliche Standards im Bezug auf eine homogene Probandengruppe und schwimmähnliche Kraftübungen liefern. Das Krafttraining an Land ist in vielen Schwimmergruppen fester Bestandteil des Trainings. Auch Topschwimmer nutzen

es, was der Trainer Bowman (2001) bestätigte. So wurde ein Großteil des Krafttrainings von Michael Phelps an Land in Form von Liegestütze, Klimmzügen, Kniebeugen oder mit Medizinbällen realisiert und diente der Kraftentwicklung und der Verletzungsprävention (Bowman, 2001).

In der Trainingspraxis treten häufig sowohl Kraft- als auch Techniktraining innerhalb eines Mikrozyklus auf. Schwierig ist in diesem Zusammenhang die Frage, in welchem Verhältnis diese beiden Trainingsformen bei Kindern zum Einsatz kommen sollten, da sie beide die Schwimmgeschwindigkeit beeinflussen. Kraft und Technik sind zwei sich ergänzende Faktoren für die sportliche Leistung (Brunner, Knebel & Wirth, 1976). Sportmotorische Fertigkeiten und sportliche Techniken können daher nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Einerseits wird ein Mindestmaß an Kraft benötigt um eine sportliche Technik auszuführen und andererseits bedarf es einer ausgeprägten sportlichen Technik, um in Wettkämpfen effektiv zu schwimmen. Es ist daher zu betonen, dass der Erwerb und die Anwendung einer sportlichen Technik bestimmte konditionelle Fähigkeiten voraussetzen. Wilke und Madsen (2015, S.41) schreiben: „Schwimmtechnische Ausbildung erhält zeitlich Vorrang vor dem Konditionstraining“, ähnlich verhält es sich in anderen Sportarten. In der umfassenden Arbeit von Freitag (1986) wurden die konditionellen und koordinativen Leistungen von jugendlichen Schwimmern untersucht. Das erstaunlichste Resultat betraf das Verhältnis von Kraft und Technik der Jugendlichen. Leistungsstärkere Schwimmer sind den schwächeren Schwimmern nicht nur im Bereich der konditionellen Fähigkeiten (größere mittlere und maximale Kraftwerte) überlegen (Silva et al., 2014; Freitag, 1986; Sharp, Costill & King, 1983; Sharp, 1986; Dingley et al., 2015), sondern auch in den motorischen Fähigkeiten (Freitag, 1986).

Jedoch muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass das Krafttraining an Land dabei helfen kann, die Schwimmtechnik zu erlernen bzw. zu entwickeln (Maglischo, 2003; Strass, 1988). Schwächeren oder weniger effizienter schwimmenden Kindern wird eine Kombination aus Kraft- und Techniktraining empfohlen, da ein Krafttraining große Effektivitätsprobleme nicht allein lösen wird (Yancher et al., 1983).

Es ist davon auszugehen, dass ein Schwimmer seine Wassereinheiten um ein Krafttraining mit abwechslungsreichen Übungen erweitern sollte (Baz-Valle, Schoenfeld, Torres-Unda, Santos-Concejero & Balsalobre-Fernandez, 2019), um seine Schwimmleistung zu verbessern (Aspenes & Karlsen, 2012; Mujika et al., 1996; Crowley et al., 2017; Aspenes et al., 2009; Manning et al., 1986; Bradshaw & Hoyle, 1993; Cronin et al., 2007).

8 Ausblick

Für die Langzeitentwicklung stellte das Krafttraining einen zentralen Baustein dar und sollte daher über mehrere Jahre ins Athletiktraining der Kinder aufgenommen werden (Faigenbaum et al., 2013b; Hilgner, 2017). Kinder, die im frühen Stadium nicht an solchen Programmen teilnehmen, entwickeln die Muskelkraft und

motorischen Fähigkeiten nicht hinreichend und es bleiben ihnen viele sportliche Aktivitäten mit dem eigenen Körper verwehrt (Faigenbaum et al., 2013b).

Selbstverständlich bleibt das Schwimmtechniktraining der wichtigste Bestandteil in der Grundausbildung und auch im Anschlusstraining. Es sollte daher nicht nur bei vorpubertären, sondern auch bei pubertären Kindern im Zentrum des Schwimmtrainings stehen (Nasirzade et al., 2015). Die Merkmalsveränderungen im Bereich der Schwimmtechnik (z.B. geringerer Anströmwinkel, günstiger Ellbogenwinkel, geringe Schulterrotation) von vorpubertären Kindern können bereits nach einem Monat Schwimmtraining eintreten (Jerszynski et al., 2013). Jerszynski und Kollegen (2013, S.170) sprechen nach sechs Monaten Schwimmtraining von „turning points“ in der schwimmtechnischen Entwicklung bei Anfängerschwimmern. Daher könnte auch die Dauer einer Intervention eine Rolle spielen, so dass eine längere Intervention bei dieser Altersklasse ein Kombinations-training aus Kraftausdauer- und Techniktraining im Verhältnis 40:60 bzw. 50:50 Aufschluss über die Langzeiteffekte geben dürfte. Weiterhin sollte sich die Sportwissenschaft die Frage stellen, was Kindern und Erwachsenen dabei hilft, das Schwimmen besser oder sogar schneller zu erlernen. Dies wäre nicht nur für den Leistungssport, sondern auch für den Breitensport interessant.

Wenngleich die Werte für Cronbach's Alpha für die Schwimmtechnik in der vorliegenden Studie moderat bis hoch zu interpretieren sind, sollte für folgende Untersuchungen insbesondere für diese Altersklasse eine weitere objektive und valide Methode zur Messung der Schwimmtechnik zum Einsatz kommen. Dafür wäre der in vielen Studien verwendete active drag coefficient denkbar (Havriluk, 2006; 2010; 2014; Kolmogorov & Duplishcheva, 1992; Marinho, Barbosa, Costa, Figueiredo, Reis, Silva & Marques, 2010).

Es ist allgemein bekannt, dass Bewegungsmangel, sowie sinkender Fitnesslevel sowohl bei Erwachsenen (Moliner-Urdiales, Ruiz, Ortega, Jimenez-Pavón, Vicente-Rodriguez, Rey-López, Martínez-Gómez, Casajús, Mesana, Marcos, Noriega-Borge, Sjöström, Castillo & Moreno, 2010) als auch bei Kindern (Malina, 2007; Runhaar, Collard, Singh, Kemper, van Mechelen & Chinapaw, 2010; Venckunas, Emeljanovas, Mieziene & Volbekiene, 2016) zunehmend ein Problem darstellen. Die weltweite Covid-19 Pandemie von 2020 bis 2022 und die damit verbundenen Lock Downs (temporäre Schließung von Trainingsstätten, Ausgangsbeschränkungen) in vielen Ländern scheinen diese Entwicklung sogar noch verschärft zu haben. Aus diesen Lock Downs resultierten die teilweise Schließung der Schwimmbäder, was zu massiven Einschränkungen von Trainingsprogrammen führte. Es bleibt zu hoffen, dass der bis zum Frühjahr 2020 gewohnte Trainings- und Wettkampfbetrieb im Schwimmen recht bald wieder aufgenommen und ohne weitere Unterbrechung fortgeführt werden kann. Auch wenn Lloyd und Kollegen (2020) durchaus zuzustimmen ist, dass Olympische Medaillen in der Regel sicherlich nicht während der Kinderjahre gewonnen werden, so legen die Trainer dennoch in diesem Altersabschnitt den Grundstein für eine erfolgreiche und lebenslange Teilnahme der jungen Athleten an Sport und Bewegung.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Die wichtigsten motorischen Fähigkeiten und ihre Bedeutung für das Sportschwimmen (nach Wilke & Madsen, 1997, S. 47)	24
Abb. 2. Prognostisches Pfadmodell auf Basis einer Regressionsanalyse der Beziehungen zwischen jugendlichen Leistungsprädiktoren und der zukünftigen Bestzeit der Mitglieder der deutschen Junioren-Schwimmnationalmannschaft 2007 (n = 56; 33 männlich und 23 weiblich) im 50 m Kraulsprint im Erwachsenenalter (nach Hohmann et al., 2018, S. 383).....	25
Abb. 3. Anwendungssituationen von Videotraining (nach Nowoisky et al. 2012, S.19 in Anlehnung an Daug's et al. 1991a, S.51 und Hildebrandt & Spahr, 2003, S.390)	30
Abb. 4. Zeitintervalle beim Videofeedbacktraining in Anlehnung an Salmoni et al., 1984, S.365	36
Abb. 5. Informationsinhalt von Video-Feedback in Abhängigkeit von der Expertise der Bewegungsausführung (nach Nowoisky et al., 2012, S.21).....	37
Abb. 6. Die Technik als dominanter Grundpfeiler der sportlichen Leistungsfähigkeit im Nachwuchstraining (nach Hohman et al., 2017, S.166)	40
Abb. 7. Das vierfach gestufte Konzept des technikorientierten Nachwuchstrainings (nach Hohmann et al., 2017, S.174).....	42
Abb. 8. Interventionsgruppen und Kontrollgruppe mit den Trainingsinhalten und Trainingseinheiten (TE)	44
Abb. 9. Die Gruppen TG1b-VK, TG1a-RK, TG2-VFB und KG führten zuerst das Techniktraining im Wasser durch (1), anschließend folgte für TG1b-VK und TG1a-RK das Kraftausdauertraining (2) und für KG das Wassertraining bestehend aus Starts, Wenden, Schnelligkeit und Ausdauer (2).	47
Abb. 10. Testzeitraum in Wochen mit dem Eingangs-, Zwischen- und Ausgangstest	60
Abb. 11. Messung der Körpermasse	61
Abb. 12. Messung der Körpergröße	61
Abb. 14. Messdose mit Karabiner	64
Abb. 15. Netzteil (links) und A/D Wandler (rechts).....	64
Abb. 16. Schwimmer mit Gurt.....	64
Abb. 13. Schwimmer während des Tethered Swimming.....	64
Abb. 17. Kraftzeitkurve beim Schwimmtest (6 s).....	65
Abb. 18. Testleiter, Schwimmer und Laptop.....	65
Abb. 19. Schematische Darstellung des Tethered Swimming Equipments (F_{SW} = Schwimmkraft).....	66
Abb. 21. Beispiel eines 9-jährigen Schwimmers beim Videotest	67
Abb. 20. Kameraperspektive für die Unterwasserkamera.....	67
Abb. 22. Ausholbewegung des Athleten auf der Kontaktmatte	71
Abb. 23. Sprungbewegung des Athleten	71
Abb. 24. Startposition beim Medizinballstoß	72
Abb. 25. Unterarmstütz zur Messung der Rumpfkraft	73

Abb. 26. Teilmodell 1 der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmtechnik (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).	79
Abb. 27. Teilmodell 2 der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmkraft (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).	80
Abb. 28. Hauptmodell der Regressionsanalyse dargestellt als Pfadanalyse für das Kriterium Schwimmleistung (abhängige Variable) erklärt durch die Prädiktoren, Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht (unabhängige Variablen).	82
Abb. 29. Streudiagramm der Trainerurteile der TG1-KA der Trainer A bis D.....	84
Abb. 30. Streudiagramm der Trainerurteile der TG2-T der Trainer E bis H	84
Abb. 31. Boxplots der Schwimmzeit in s auf 25 m Kraul der vier Gruppen mit den kleinen (°, > 1,5-facher Interquartilabstand) und großen Ausreißern (*, > 3-facher Interquartilabstand).....	87
Abb. 32. Boxplots der Schwimmzeit in s auf 25 m Kraul der TG2- und TG1-KA-Gruppe mit den kleinen (°, > 1,5-fachen Interquartilabstand) und großen Ausreißern (*, > 3-fachen Interquartilabstand).	88
Abb. 33. Boxplots des Schwimmtechnikratings der vier Gruppen mit den kleinen (°, > 1,5-fachen Inter-quartilabstand) und großen Ausreißern (*, > 3-fachen Interquartilabstand).....	89
Abb. 34. Boxplots des Schwimmtechnikratings der TG2- und TG1-KA-Gruppe mit den kleinen (°, > 1,5-fachen Interquartilabstand) und großen Ausreißern (*, > 3-fachen Interquartilabstand).....	89
Abb. 35. Einzelfallbetrachtung des Plank Tests der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3).....	91
Abb. 36. Einzelfallbetrachtung des Plank Tests der TG1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3).....	91
Abb. 37. Einzelfallbetrachtung des Schwimmtechnikratings der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)	92
Abb. 38. Einzelfallbetrachtung des Schwimmtechnikratings der TG1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3)	93
Abb. 39. Einzelfallbetrachtung der Schwimmzeit der TG2-T-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3).....	94
Abb. 40. Einzelfallbetrachtung der Schwimmzeit der TG-1-KA-Gruppe für alle drei Messzeitpunkte (W1 bis W3).....	94
Abb. 41. Veränderung der Sprungleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	104

Abb. 42. Veränderung der Sprunghöhe der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	108
Abb. 43. Veränderung der Wurfleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	112
Abb. 44. Veränderung der Leistung beim Medizinballstoß der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	114
Abb. 45. Veränderung der Rumpfkraftleistung der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	117
Abb. 46. Veränderung der Rumpfkraftleistung der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	120
Abb. 47. Veränderung der Schwimmkraft der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	123
Abb. 48. Veränderung der Schwimmkraft aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,...,W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	126
Abb. 49. Veränderung der Schwimmtechnik der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	130
Abb. 50. Veränderung der Schwimmtechnik der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	133
Abb. 51. Veränderung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkt W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	138
Abb. 52. Veränderung der Schwimmzeit auf 25 m Kraul aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte W1,..., W3 (n.s. nicht signifikant, * p < 0,05 signifikant, ** p < 0,01 sehr signifikant, *** p < 0,001 hochsignifikant)	141
Abb. 53. 100 m Zeiten im arithmetischen Mittel aller 100 m-Teilabschnitte von AK9 bis AK18 (DSV 1992 bis 1998) mit Trendlinie (nach Rudolph, 1999, S.15). .	143
Abb. 54. Zusammenfassung der Ergebnisse für vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-Vk. TG2-VFB, KG) und für die zusammengefassten Gruppen (TG1-KA, TG2-T). Die p-Werte bei den Gruppen geben den Gruppenunterschied an, die p-Werte auf den Pfeilen, ob ein Unterschied nach 9 Wochen erkennbar war. n.s. = nicht signifikant, * = signifikant (p < 0,05), ** = sehr signifikant (p < 0,01), *** hoch signifikant (p < 0,001)	148

- Abb. 55. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmtechnik und den Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder (N = 45; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte..... 149
- Abb. 56. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmkraft und den Prädiktoren Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder (N = 45; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte..... 150
- Abb. 57. Pfadmodell auf Basis der Regressionsanalyse für die Beziehung zwischen der Schwimmleistung und den Prädiktoren Schwimmtechnik, Schwimmkraft, Alter, Körperhöhe, Körpermasse, Wurfkraft, Rumpfkraft, Sprungkraft und Geschlecht der 7- bis 10-jährigen Kinder (N = 45; 23 Mädchen, 22 Jungen) über alle drei Messzeitpunkte. Standardisierte β -Koeffizienten auf den Pfeilen mit dem Signifikanzniveau sowie der F-Wert. 152

Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Faktoren, die die Schwimmleistung limitieren (nach Maglischo, 2003, S. 372)	24
Tab. 2. Unterschiedliche Feedbackzeitpunkte (nach Daus et al., 1991a, S. 51 und Olivier et al., 2016, S.190)	34
Tab. 3. Fähigkeiten, Test- und Variablenbezeichnung	44
Tab. 4. Trainingsplan des Techniktrainings im Wasser, Interventionszeitraum, Einheiten (E1,...,E16) Schwerpunkte (Armzug ü. und u. Wasser, Beinschlag) sowie Übungsnummer (1,...5).....	45
Tab. 5. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Armzug unter Wasser, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.	46
Tab. 6. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Armzug über Wasser, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.	46
Tab. 7. Anleitung Technikübung im Wasser für den Schwerpunkt Beinschlag, m Pk = mit Pullkick, o. Pk = ohne Pullkick, P10“ = 10 s Pause, re/li = rechts/links, Gala = ganze Lage.	46
Tab. 8. Rumpfkraftausdauerintervention und Belastungszeit für jeweils eine Station für den Testzeitraum.....	47
Tab. 9. Rumpf-Kraftausdauerzirkel der Interventionsgruppe TG1a-RK (eigene Darstellung)	48
Tab. 10. Votriebsmuskulatur-Kraftausdauerintervention, Belastungszeit für die Mesozyklen.....	51
Tab. 11. Vortriebsmuskulatur-Kraftausdauerzirkel der Interventionsgruppe TG1b-VK (eigene Darstellung).....	51
Tab. 12. Trainingsplan der KG-Gruppe mit den Trainingsinhalten (Armzug unter Wasser, Armzug über Wasser, Beinschlag, Grundschnelligkeit, Starts, Wenden, Gleiten und Ausdauer).....	56
Tab. 13. Trainingsplan für den Schwerpunkt Starts, Wenden und Gleiten der KG-Gruppe.....	57
Tab. 14. Trainingsplan für den Schwerpunkt Grundschnelligkeit der KG-Gruppe, V_{max} = Maximale Schwimmgeschwindigkeit, P15“ = 15 s Pause	57
Tab. 15. Trainingsplan für den Schwerpunkt Ausdauer der KG-Gruppe, P30“ = 30 s Pause.....	57
Tab. 16. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) in Jahren des Alters, Anzahl (N) und Geschlechterverteilung (♀ = weiblich, ♂ = männlich) der drei Interventionsgruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB) und der Kontrollgruppe (KG)	58
Tab. 17. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) in Jahren des Alters, Anzahl (N) und Geschlechterverteilung (♀ = weiblich, ♂ = männlich) der Kraftausdauer- und der Technikgruppe.....	58

Tab. 18. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der Probanden aller vier Gruppen (KG, TG1a-RK, TG1b-VK und TG2-VFB) zum ersten Messzeitpunkt (W1).....	59
Tab. 19. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und Körpermasse in kg der Probanden der TG1-KA- und TG2-T-Gruppe zum ersten Messzeitpunkt (W1)	59
Tab. 20. Korrelationen zwischen den Tethered Swimming Variablen und der 50 m, 100 m und 200 m Schwimmleistung (F_{AVG} = Average Force; F_{PEAK} = Peak Force, IMP = Impulse; RFD = Rate of Force Development, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$, nach Loturco et al., 2016, S. 214)	62
Tab. 21. Fehlerbildkatalog der Armbewegung (Teil 1) für die Trainerbefragung (verändert nach Reischle, 1988, alle Abbildung des Katalogs stammen aus eigener Darstellung)	68
Tab. 22. Fehlerbildkatalog der Beinbewegung und der Atmung (Teil 2) für die Trainerbefragung (verändert nach Reischle, 1988, alle Abbildung des Katalogs stammen aus eigener Darstellung).....	69
Tab. 23. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Trainerbewertungen der Schwimmtechnik der vier Gruppen (TG1a-Rk, TG1b-Vk, TG2-VFB und KG) und der zwei Gruppen (TG1-KA, TG2-T über alle drei Messzeitpunkte hinweg (Rating: 0 – 32)	84
Tab. 24. Korrelation nach Pearson für die jeweiligen zwei Trainerurteile aller Subgruppen und der Gesamtkohorte	85
Tab. 25. Cronbach's Alpha-Werte zur Einschätzung der Reliabilität für die Sprungkraft (CMJ), Wurfkraft (MBS), Schwimmtechnik (Trainerurteil) und Schwimmkraft (F_{SW}).....	85
Tab. 26. Verbesserungen und Verschlechterungen beim Rumpfkrafttest der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe	92
Tab. 27. Verbesserungen und Verschlechterungen beim Schwimmtechnikrating der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe.....	93
Tab. 28. Verbesserungen und Verschlechterungen bei der Schwimmzeit der TG1-KA- und der TG2-T-Gruppe	93
Tab. 29. Absolute Zugewinne der Rumpf-, Wurf-, Sprung, Schwimmkraft (F_{SW}), der Schwimmtechnik (ST) und der Schwimmleistung (T_{25}) der Kraftausdauergruppe (TG1-KA)	96
Tab. 30. Absolute Zugewinne der Rumpf-, Wurf-, Sprung, Schwimmkraft (F_{SW}), der Schwimmtechnik (ST) und der Schwimmleistung (T_{25}) der Technikgruppe (TG2-T)	97
Tab. 31. Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg aller vier Gruppen (KG: Kontrollgruppe, TG1a-RK: Rumpfkraftgruppe, TG1b-VK: Vortriebskraftgruppe, TG2-VFB: Videofeedbackgruppe) für die drei Messzeitpunkte (W1,..., W3).....	99
Tab. 32. Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der 9- bis 10-jährigen Kinder dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit Gleichaltrigen der KiGGS-Studie	

(Stolzenberg et al., 2007) und 9- bis 11-Jährigen der Flemish-Sports Compass Studie (Opstoel et al., 2015).....	101
Tab. 33. Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der 7- bis 8-jährigen Kinder dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit Gleichaltrigen der KiGGS-Studie (Stolzenberg et al., 2007)	101
Tab. 34. Mittelwerte (x) und Standardabweichung (SD) der Körperhöhe in cm und der Körpermasse in kg der beiden Gruppen TG1-KA und TG2-T für alle drei Messzeitpunkte (W1,...W3).....	102
Tab. 35. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Sprunghöhe in cm sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Counter Movement Jumps der Technik- und Kraftausdauergruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	103
Tab. 36. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Sprunghöhe in cm sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Counter Movement Jumps der vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)	107
Tab. 37. Mittelwert (x) und Standardabweichung (SD) der Sprunghöhen in cm beim Counter Movement Jump bei 7 bis 10-Jährigen dieser Studie (Schwimmerstudie) im Vergleich mit 8- (Baptista et al., 2016) und 11-jährigen Kindern (Bencke et al., 2001).....	110
Tab. 38. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Stoßweite in m sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Medizinballstoßes der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	111
Tab. 39. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Wurfweite in m sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Medizinballstoßes aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)	113
Tab. 40. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Unterarmstützzeit in s sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Plank Test der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	116
Tab. 41. Vorgaben des Trainingsumfangs der maximalen Variante des DSV (nach Rudolph et al., 2015, S.13).....	118
Tab. 42. Vorgaben des Trainingsumfangs der minimalen Variante (75%) des DSV (nach Rudolph et al., 2015, S. 14).....	118
Tab. 43. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Unterarmstützzeit in s sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Plank Test aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)	119
Tab. 44. Anzahl (N), Mittelwerte (x) und Standardabweichungen (SD) der Schwimmkraft in Newton, sowie die prozentuale Veränderungen (%) beim Tethered Swimming der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	123

Tab. 45. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) der Schwimmkraft in Newton sowie die prozentualen Veränderungen (%) beim Tethered Swimming für alle vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB, KG) für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	125
Tab. 46. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Schwimmtechnikratings (0 – 32 Pkt.) der Kraftausdauer- und der Technikgruppe für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3)	129
Tab. 47. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) des Schwimmtechnikratings (0 – 32 Pkt.) aller vier Gruppen für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	132
Tab. 48. Anzahl (N), Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (SD) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s sowie die prozentuale Veränderung (%) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s der Kraftausdauer- (TG1-KA) und der Technikgruppe (TG2-T) für die drei Messzeitpunkten (W1, ..., W3).....	137
Tab. 49. Anzahl (N), Mittelwerte (\bar{x}) und Standardabweichungen (SD) sowie die prozentualen Veränderungen (%) der Schwimmzeit auf 25 m Kraul in s für die vier Gruppen (TG1a-RK, TG1b-VK, TG2-VFB, KG) für die drei Messzeitpunkte (W1, ..., W3).....	140

Literaturverzeichnis

- Abbott, S., Yamauchi, G., Halaki, M., Castiglioni, M. T., Salter, J., and Cobley, S. (2021). Longitudinal relationships between maturation, technical efficiency, and performance in age-group swimmers: improving swimmer evaluation. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* 03:77. doi: 10.1123/ijsp.2020-0377
- Abt, E., Basner, B., Böcker, S., Horfilder, S., Nuyen, T. & Wirtz, W. (2002). *Schwimmen* (Leistungstraining Sport Kinder und Jugendliche, 10) (2., überarb. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Adams, K.J., Swank, A.M., Barnard, K.L., Berning, J.M. & Sevene-Adams, P.G. (2000). Safety of Maximal Power, Strength, and Endurance Testing in Older African American Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (3), 254–260.
- Adams, M. (2001). Superior Technique. *Swimming Technique*, 38 (1), 9–11.
- Adams, T.A. & Martin, R. B., Yeater, R., Gilson K. (1983). Tethered force and velocity relationships. *Journal of Swimming Research*, 20 (3), 21–26.
- Alberty, M., Potdevin, F., Dekerle, J., Pelayo, P., Gorce, P. & Sidney, M. (2008). Changes in swimming technique during time to exhaustion at freely chosen and controlled stroke rates. *Journal of Sport Sciences*, 26 (11), 1191–1200.
- Altmann, K. & Sperling, W. (2013). Talentdiagnostik im Sächsischen Schwimmverband - Sichtung für den kurzfristigen oder mittel- und langfristigen Erfolg? *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 54 (2), 57–77.
- Alves, A.R., Marta, C., Neiva, H.P., Izquierdo, M. & Marques, M.C. (2018). Concurrent training in prepubertal children: An update. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13 (3).
- Alves, F., Santos, P., Veloso, A., Pinto Correia, I. & Gomes-Pereira. (1994). A Method to Evaluate Intracycle Propulsive Force and Body Velocity Changes. In A. Barabás & G. Fábíán (Hrsg.), *12 International Symposium on Biomechanics in Sports (Hungary, July 2-6, 1994)* (S. 35–37). Budapest-Siófok: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Amaro, N., Marinho, D.A., Batalha, N., Marques, M.C. & Morouço, P. (2014). Reliability of Tethered Swimming Evaluation in Age Group Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 41 (1).
- Amaro, N.M., Marinho, D.A., Marques, M.C., Batalha, N.P. & Morouço, P.G. (2017). Effects of Dry-Land Strength and Conditioning Programs in Age Group Swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 31 (9), 2447–2454.
- Andersen, L.B., Wedderkopp, N. & Leboeuf-Yde, C. (2006). Association Between Back Pain and Physical Fitness in Adolescents. *Spine*, 31 (15), 1740–1744.
- Annesi, J.J., Westcott, W.L., Faigenbaum, A.D. & Unruh, J.L. (2005). Effects of a 12-week physical activity protocol delivered by YMCA after-school counselors (Youth Fit for Life) on fitness and self-efficacy changes in 5-12-year-old boys and girls. *Research quarterly for exercise and sport*, 76 (4), 468–476.
- Aranha, A. & Goncalves, F. (2012). The importance of video-feedback and instruction. *Journal of Physical Education and Sports Management*, 3 (1), 1–5.
- Arellano, R. & Lopez-Contreras, G. & Sanchez-Molina, J.A. (2003). Qualitative Evaluation of Technique in International Spanish Junior and Pre-juniors Swimmers: An Analysis of Error Frequencies. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 87–92). Saint-Etienne.
- Arellano, R. & Mercade, F. (2010). Regression Analysis Model Applied to Age-Group Swimmers: Study of the Stroke Rate, Stroke Length and Stroke Index. In P.-L. Kjendlie (Hrsg.), *XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming. Program & book of abstracts* (S. 130–132). Oslo.
- Arellano, R., Moreno, F.J. & Martínez, M. & Ona, A. (1996). A device for quantitative measurement of starting time in swimming. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 195–200). London, New York: E & FN Spon.
- Arellano, R. & Pardillo, S. (1992). An Evaluation of change in the Crawl-Stroke Technique during Training Periods in a Swimming Season. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming. Swimming science VI* (S. 143–149). London: E & FN Spon.
- Argus, C., Gill, N.D., Keogh, J.W. & Hopkins, W.G. (2010). Acute Effects of Verbal Feedback on Explosive Upper-Body Performance in Elite Athletes. *International Symposium on Biomechanics in Sports*; 28, 1–4.

- Aspenes, S., Kjendlie, P.L., Hoff, J. & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 8 (3), 357–365.
- Aspenes, S.T. & Karlsen, T. (2012). Exercise-training intervention studies in competitive swimming. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42 (6), 527–543.
- Assunção, A.R., Bottaro, M., Ferreira-Junior, J.B., Izquierdo, M., Cadore, E.L. & Gentil, P. (2016). The Chronic Effects of Low- and High-Intensity Resistance Training on Muscular Fitness in Adolescents. *PLOS ONE*, 11 (8), e0160650.
- Atkison, R. (2018). Differences between relay and individual starts in elite female swimmers. In Masanobu Iseri (Hrsg.), *XIII thInternational Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings. Tsukuba, Japan, 17 - 21 September 2018* (S. 31–35). Kanda Jinbocho, Chiyoda-ku Tokyo, Japan: Impress R&D.
- Avlonitou, E., Georgiou, E., Douskas, G. & Louizi, A. (1997). Estimation of body composition in competitive swimmers by means of three different techniques. *International journal of sports medicine*, 18 (5), 363–368.
- Balyi, I., Way, R. & Higgs, C. (2013). *Long-term athlete development*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Baptista, F., Mil-Homens, P., Carita, A.I., Janz, K. & Sardinha, L.B. (2016). Peak Vertical Jump Power as a Marker of Bone Health in Children. *International journal of sports medicine*, 37 (8), 653–658.
- Barbieri, D. & Zaccagni, L. (2013). Strength training for children and adolescents: benefits and risks. *Collegium antropologicum*, 37 Suppl 2, 219–225.
- Barbosa, T.M., Costa, M., Marinho, D.A., Coelho, J., Moreira, M. & Silva, A.J. (2010). Modeling the links between young swimmers' performance: energetic and biomechanic profiles. *Pediatric exercise science*, 22 (3), 379–391.
- Bar-Or, O. (1996). Developing the prepubertal athlete: Physiological principles. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 135–139). London, New York: E & FN Spon.
- Barnett, L. M., Lai, S. K., Veldman, S., Hardy, L. L., Cliff, D. P., Morgan, P. J., Zask, A., Lubans, D. R., Shultz, S. P., Ridgers, N. D., Rush, E., Brown, H. L., & Okely, A. D. (2016). Correlates of Gross Motor Competence in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(11), 1663–1688. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0495-z>
- Barzdukas, A., Spry, S., Cappaert, J. & Troup, J.P. (1992). Development Changes in Muscle Size and Power Characteristics of Elite Age Groupe Swimmers. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming. Swimming science VI* (S. 359–364). London: E & FN Spon.
- Batalha, N., Raimundo, A., Tomas-Carus, P., Paulo, J., Simão, R. & Silva, A.J. (2015). Does a land-based compensatory strength-training programme influence the rotator cuff balance of young competitive swimmers? *European journal of sport science*, 15 (8), 764–772.
- Baudry, L., Leroy, D., Thouwarecq, R. & Chollet, D. (2006). Auditory concurrent feedback benefits on the circle performed in gymnastics. *Journal of sports sciences*, 24 (2), 149–156.
- Baumgartner, T. (1984). Development of Shoulder-Girdle Strength-Endurance In Elementary Children. *Research quarterly for exercise and sport*, 55 (2), 169–171.
- Baz-Valle, E., Schoenfeld, B.J., Torres-Unda, J., Santos-Concejero, J. & Balsalobre-Fernández, C. (2019). The effects of exercise variation in muscle thickness, maximal strength and motivation in resistance trained men. *PloS one*, 14 (12), e0226989.
- Bechthold, A. & Schölermann, B. (2015). Die Wahrnehmung von Trainerfeedback aus Sicht der Athleten. *Leistungssport*, 45 (3), 19–23.
- Beck, C., Kraus, M., Schmitt, P., Unger, P. & Weiß, N. (2017). *Schwimmen unterrichten. Grundwissen und Praxisbausteine* (Grundschule/Sekundarstufe I+II) (9. Auflage). Augsburg: Auer.
- Bedoya, A.A., Miltenberger, M.R. & Lopez, R.M. (2015). Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes: A Systematic Review. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (8), 2351–2360.
- Behm, D.G., Faigenbaum, A.D., Falk, B. & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologi eappliquee, nutrition et metabolisme*, 33 (3), 547–561.
- Behm, D.G., Young, J.D., Whitten, J.H.D., Reid, J.C., Quigley, P.J., Low, J., Li, Y., Lima, C.D., Hodgson, D.D., Chaouachi, A., Prieske, O. & Granacher, U. (2017). Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training

- on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in physiology*, 8, 423.
- Behringer, M., VomHeede, A., Matthews, M. & Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*, 23 (2), 186–206.
- Behringer, M., VomHeede, A., Yue, Z. & Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatrics*, 126 (5), e1199–210.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K. & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12 (3), 171–178.
- Benedetti, C. & McCullagh, P. (1987). Post-Knowledge of Results Delay: Effects of Interpolated Activity on Learning and Performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 58 (4), 375–381.
- Benjamin, H.J. & Glow, K.M. (2003). Strength training for children and adolescents: what can physicians recommend? *The Physician and sportsmedicine*, 31 (9), 19–26.
- Benjaminse, A., Postma, W., Janssen, I. & Otten, E. (2017). Video Feedback and 2-Dimensional Landing Kinematics in Elite Female Handball Players. *Journal of athletic training*, 52 (11), 993–1001.
- Benjanuvatra, N., Edmunds, K. & Blanksby, B. (2007). Jumping Abilities and Swimming Grab-Start Performances in Elite and Recreational Swimmers. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1 (3), 231–241.
- Benson, A.C., Torode, M.E. & Fiatarone Singh, M.A. (2008). The effect of high-intensity progressive resistance training on adiposity in children: a randomized controlled trial. *International Journal of Obesity*, 32 (6), 1016–1027.
- Berger, J. & Strass, D. (1997). Wassergefühl - neurophysiologische, biomechanische und handlungspsychologische Betrachtungen. In D. Strass, F. Durlach, K. Reischle & G. Volck (Hrsg.), *Schwimmen 2000-II. 2. Fachtagung vom 9.-11.10.1996* (S. 41–59). Schopfheim.
- Berryman N., Mujika I., Arvisais D., Roubeix M., Binet C. & Bosquet L. (2018). Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 57–63. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0032> PMID: 28459360.
- Beunen, G. & Thomis, M. (2000). Muscular Strength Development in Children and Adolescents. *Pediatric exercise science*, 12 (2), 174–197.
- Bieder, A. (2002). Koordination beim Kraulschwimmen. In Strass, Dieter, Hahn, A., Reischle, K. (Hrsg.), *Schwimmen. Biomechanische, sportmedizinische und didaktische Analysen* (Schriftenreihe Schriften zur Sportwissenschaft, 36, S. 47–54). Hamburg: Kovač.
- Bielec, G., & Jurak, D. (2019). The relationship between selected anthropometric variables and the sports results of early pubescent swimmers. *Balt. J. Health Phys. Act.* 11, 124–130. doi: 10.29359/BJHPA.11.1.13
- Bilcheck, H.M. (1989). Epiphyseal injuries in young athletes. *National Strength Coaches Association Journal*, 11 (5), 60–65.
- Birat, A., Sebillaud, D., Bourdier, P., Doré, E., Duché, P., Blazeovich, A.J., Patikas, D. & Ratel, S. (2019). Effect of Drop Height on Vertical Jumping Performance in Pre-, Circa-, and Post-Pubertal Boys and Girls. *Pediatric exercise science*, 1–7.
- Bishop, D.C., Smith, R.J., Smith, M.F. & Rigby, H.E. (2009). Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (7), 2137–2143.
- Bishop, C., Cree, J., Read, P., Chavda, S., Edwards, M. & Turner, A. (2013). Strength and Conditioning for Sprint Swimming. *Strength and Conditioning Journal*, 35 (6), 1–6.
- Bishop, C. (2020). Swimming. In A. Turner (Hrsg.), *Routledge Handbook of Strength and Conditioning. Sport-specific programming* (S. 540–552). London, New York: Routledge.
- Bissig, M. & Gröbli, C. (2004). *Schwimmwelt. Schwimmen lernen - Schwimmtechnik optimieren: Grundlagenlehrmittel für den Schwimmsport* (5. unveränderte Auflage). Bern: Schulverlag.
- Blanksby, B.A., Parker, H.E., Bradley, S. & Ong, V. (1995). Children's readiness for learning front crawl swimming. *Australian journal of science and medicine in sport*, 27 (2), 34–37.
- Blimkie, C.J. (1992). Resistance training during pre- and early puberty: efficacy, trainability, mechanisms, and persistence. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport*, 17 (4), 264–279.

- Blimkie, C.J. & Bar-Or, O. (2005). Trainability of Muscle Strength, Power and Endurance during Childhood. In O. Bar-Or (Hrsg.), *The child and adolescent athlete* (@Encyclopaedia of sports medicine, 6, S. 113–127). Malden, Mass. [u.a.]: Blackwell Science.
- Blimkie, C.J. & Sale, D.G. (1998). Strength Development and Trainability During Childhood. In E. Van Praagh (Hrsg.), *Pediatric anaerobic performance* (S. 193–224). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Blischke, K., Schumacher, B. & Daus, R. (1993a). Untersuchung zum Einfluss grafischer Orientierungshilfen auf die Fehleridentifikationsleistung von Experten und Novizen bei videografisch präsentierten sportmotorischen Bewegungsabläufen. In *Daus, Reinhard, Blischke, K. (Hg.) 1993a – Aufmerksamkeit und Automatisierung* (S. 260–271). Sankt Augustin: Academia-Verlag.
- Blischke, K., Müller, H., Reiser, M., Dieringer, L., Schlicher, R. & Daus, R. (1993b). Zum Einfluß der Art und Frequenz von Videoinformationen auf das Erlernen einer großmotorischen Ganzkörperbewegung. In *Daus, Reinhard, Blischke, K. (Hg.) 1993 – Aufmerksamkeit und Automatisierung* (S. 230–239). Sankt Augustin: Academia-Verlag.
- Boeckmann, K., Heymen, N. & Risch, G. (1979). Zur Praxis des Videorecorder-Einsatzes in Sportunterricht und Training. *Sportunterricht*, 29 (3), 94–99.
- Bollens, E., Annemans, L., Vaes, W. & Clarys, J. P. (1988). Peripheral EMG comparison between fully tethered and free front crawl swimming. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V*. Champaign: Human Kinetics.
- Bompa, T.O. (1999). *Periodization. Theory and methodology of training* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Borggrefe, C., Cachay, K. & Bahlke, S. (2016). "Soweit alles klar jetzt?" Zum Problem gelingender Verständigung in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport*, 46 (1), 45–50.
- Boucher, J.L. (1974). Higher Process in Motor Learning. *Journal of Motor Behavior*, 6 (3), 131–137.
- Bowman, B. (2001). Formula for Success. *Swimming Technique*, 38 (2), 13–16.
- Boyce, B.A., Markos, N.J., Jenkins, D.W. & Loftus, J.R. (1996). How Should Feedback be Delivered? *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 67 (1), 18–22.
- Bradshaw, A. & Hoyle, J. (1993). Correlation between Sprinting and Dry Land Power. *Journal of Swimming Research*, 9, 15–19.
- Brady, T.A., Cahill, B.R. & Bodnar, L.M. (1982). Weight training-related injuries in the high school athlete. *The American journal of sports medicine*, 10 (1), 1–5.
- Brown, E.W. & Kimball, R.G. (1983). Medical history associated with adolescent powerlifting. *Pediatrics*, 72 (5), 636–644.
- Brunner, U., Knebel, M. & Wirth, H. (1976). *Trockentraining* (2. Aufl.). Bln.: Barthels u. W.
- Bucher, W. (1975). The influence of the leg kick and the arm stroke on the total speed during the crawl stroke. In L. Lewilli & J.P. Clarys (Hrsg.), *Swimming II: Proceedings of the Second International Symposium on Biomechanics in Swimming* (S. 180–187). Baltimore: University Park Press.
- Bunker, L.K., Shearer, J.D. & Hall, E.G. (1976). Video-Taped Feedback and Children's Learning to Flutter Kick. *Perceptual and motor skills*, 43 (2), 371–374.
- Burchfield, D.M., Cofield, S.S. & Cofield, R.H. (1994). Shoulder Pain in Competitive, Age-Group Swimmers. In M. Miyashita, Y. Mutöh & A.B. Richardson (Hrsg.), *Medicine and science in aquatic sports* (Medicine and sport science, vol. 39, S. 218–225). Basel, New York: Karger.
- Cabri, J., Annemans, L., Clarys, J.P., Bollens, E. & Publie, J. (1988). The Relation of Stroke Frequency, Force, and EMG in Front Crawl Tethered Swimming. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 183–189). Champaign: Human Kinetics.
- Cahill, B.R. & Griffith, E.H. (1978). Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football knee injuries. *The American journal of sports medicine*, 6 (4), 180–184.
- Caine, D., DiFiori, J. & Maffulli, N. (2006). Physéal injuries in children's and youth sports: reasons for concern? *British journal of sports medicine*, 40 (9), 749–760.
- Carl, K. (1991). Techniktraining in der Sportpraxis. In R. Daus, Mechling, Heinz, Blischke, K. & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. "Internationales Symposium "Motorik- und Bewegungsforschung" 1989 in Saarbrücken* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 76, S. 147–150). Schorndorf: Hofmann.

- Chatard, J.C., Collomp, C., Maglischo, E. & Maglischo, C. (1990). Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *International journal of sports medicine*, 11 (2), 156–161.
- Chatard, J.C. & Stewart, A. (2011). Training Load and Performance in Swimming. In L. Seifert, D. Chollet & I. Mujika (Hrsg.), *World Book of Swimming: Form Science to Performance. Sports and Athletics Preparation, Performance and Psychology* (S. 359–373). New York: Nova Science.
- Chiviakowsky, S. & Wulf, G. (2007). Feedback after good trials enhances learning. *Research quarterly for exercise and sport*, 78 (2), 40–47.
- Chollet, D. & Micallef, J.P. & Rabischong, P. (1988). Biomechanical Signals for External Biofeedback to Improve Swimming Technique. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (389–369). Champaign: Human Kinetics.
- Chollet, D. (2018). Forget technique, think coordination! An example of how recent theoretical knowledge can reshape coaching practices. In Masanobu Iseri (Hrsg.), *XIII thInternational Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings. Tsukuba, Japan, 17 - 21 September 2018* (S. 204–209). Kanda Jinbocho, Chiyoda-ku Tokyo, Japan: Impress R&D.
- Christensen, C. & Smith, G. W. (1987). Relationship of Maximum Sprint Speed and Maximal Stroking Force in Swimming. *Journal of Swimming Research*, 3 (2), 18–22.
- Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Piliandis, T. & Tokmakidis, S.P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 783–791.
- Clark, S.E. & Ste-Marie, D.M. (2007). The impact of self-as-a-model interventions on children's self-regulation of learning and swimming performance. *Journal of sports sciences*, 25 (5), 577–586.
- Clarys, J.P. (1988). The Brussels swimming EMG project. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 152–172). Champaign: Human Kinetics.
- Clarys, J.P. & Rouard, A.H. (2011). The Swimming Muscle: History, Methodology, and Applications of Electromyography in Swimming. In L. Seifert, D. Chollet & I. Mujika (Hrsg.), *World Book of Swimming: Form Science to Performance. Sports and Athletics Preparation, Performance and Psychology* (S. 43–68). New York: Nova Science.
- Clemons, J.M., Campbell, B. & Jeansonne, C. (2010). Validity and reliability of a new test of upper body power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (6), 1559–1565.
- Cochrane, K.C., Housh, T.J., Smith, C.M., Hill, E.C., Jenkins, N.D.M., Johnson, G.O., Housh, D.J., Schmidt, R.J. & Cramer, J.T. (2015). Relative contributions of strength, anthropometric, and body composition characteristics to estimated propulsive force in young male swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (6), 1473–1479.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Collins, A.C., Ward, K.D., McClanahan, B.S., Slawson, D.L., Vukadinovich, C., Mays, K.E., Wilson, N. & Relyea, G. (2019). Bone Accrual in Children and Adolescent Nonelite Swimmers: A 2-Year Longitudinal Study. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 29 (1), 43–48.
- Colwin, C.M. (1992). *Swimming into the 21st century* ([3. print.]). Champaign, Ill.: Human Kinetics Publ.
- Colwin, C.M. (2000). *Swimming dynamics. Winning techniques and strategies* (2. [print.]). Chicago; Masters Press.
- Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L. & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (1), 173–177.
- Cossor, J.M. (2015). Analyzing Elite Swimming Performance. In S.A. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster* (S. 241–259). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cossor, J.M., Blanksby, B.A. & Elliott, B.C. (1999). The influence of plyometric training on the freestyle tumble turn. *Journal of science and medicine in sport*, 2 (2), 106–116.
- Costa, M.J., Bragada, J.A., Marinho, D.A., Silva, A.J. & Barbosa, T.M. (2012). Longitudinal interventions in elite swimming: a systematic review based on energetics, biomechanics, and performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (7), 2006–2016.
- 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 & medicine*, 9 (3), 411–417.

- Costa, A. M., Frias, A., Ferreira, S. S., Costa, M. J., Silva, A. J., & Garrido, N. D. (2020). Perceived and Real Aquatic Competence in Children from 6 to 10 Years Old. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6101. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176101>.
- Costill, D.L. (1985). Practical Problems in exercise physiology research. *Research quarterly for exercise and sport*, 56, 378–384.
- Costill, D.L. (1999). Training Adaptions For Optimal Performance. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 381–390). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Costill, D.L., King, D., Holdren, A. & Hargreaves, M. (1983). Sprint Speed vs. Swimming Power. *Swimming Technique*, 20 (1), 20–22.
- Costill, D.L., Kovaleski, J., Porter, D., Kirwan, J., Fielding, R. & King, D. (1985). Energy expenditure during front crawl swimming: predicting success in middle-distance events. *International journal of sports medicine*, 6 (5), 266–270.
- Costill, D.L., Rayfield, F., Kirwan, J. & Thomas, R. (1986). A Computer Based System For The Mesurement of Force and Power During Front Crawl Swimming. *Journal of Swimming Research*, 2 (1), 16–19.
- Costill, D.L., Maglischo, E.W. & Richardson, A.B. (1995). *Swimming* (Handbook of sports medicine and science) (Reprinted). Oxford: Blackwell Scientific Publ.
- Coulson, M. (2009). Ein Überblick über die Basistechniken und Trainingsarten der Schwimmstile. In D. Koenig (Hrsg.), *Schwimmen. Neue Methoden zur Leistungssteigerung* (Sport und Training, S. 33–42). Bonn: Or-genda-Sport-Fachverl.
- Counsilman, J.E. (1977). *Schwimmen*. Bad Homburg: Limpert Verlag.
- Counsilman, J.E., Counsilman, B.E., Nomura, T. & Endo, M. (1988). Three Types of Grab Starts for Competitive Swimming. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 81–91). Champaign: Human Kinetics.
- Counsilman, J.E. (1979, ©1977). *The complete book of swimming* (1st Atheneum pbk. ed). New York: Atheneum.
- Counsilman, J.E. (1993). *Handbuch des Sport-Schwimmens für Trainer, Lehrer und Athleten* (2., unveränd. Aufl). Bockenem am Harz: Schwimmsport-Verl. Fahnenmann.
- Counsilman, J.E. & Counsilman, B.E. (op. 1994). *The new science of swimming*. Englewood Cliffs, NJ. [etc.]: Prentice Hall.
- Craig, A. (1984). The Basics of Swimming. *Swimming Technique*, 20 (4), 22–27.
- Craig, A.; Skehan, P.; Pawelczyk, J. & Boomer W. (1985). Velocity, stroke rate and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science Sports Exercise*, 17. S. 625-634.
- Cratty, B.J. & Rieder, H. (Hrsg.). (1979). *Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten* (2., unveränd. Aufl.). Bad Homburg v.d.Höhe: Limpert.
- Cronin, J., Jones, J. & Frost, D. (2007). The Relationship between Dry-Land Power Measures and Tumble Turn Velocity in Elite Swimmers. *Journal of Swimming Research*, 17 (1), 17–23.
- Crowe, S.E., Babington, J.P., Tanner, D.A. & Stager, J.M. (1999). The relationship of strength to dryland power, swimming power, and swimming performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31 (5), 255.
- Crowley, E., Harrison, A.J. & Lyons, M. (2017). The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47 (11), 2285–2307.
- Crowley, E., Harrison, A.J. & Lyons, M. (2018). Dry-Land Resistance Training Practices of Elite Swimming Strength and Conditioning Coaches. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32 (9). 2592–2600.
- Cunha, G.D.S., Sant'anna, M.M., Cadore, E.L., Oliveira, N.L.d., Santos, C.B.D., Pinto, R.S. &Reischak-Oliveira, A. (2014). Physiological adaptations to resistance training in prepubertal boys. *Research quarterly for exercise and sport*, 86 (2), 172–181.
- Dahab, K.S. & McCambridge, T.M. (2009). Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes? *Sports health*, 1 (3), 223–226.
- Damsgaard, R., Bencke, J., Matthiesen, G., Petersen, J.H. & Müller, J. (2000). Is prepubertal growth adversely affected by sport? *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (10), 1698–1703.
- Daug, R., Blichke, K., Olivier, N. & Marschall, F. (1989). *Beiträge zum visuomotorischen Lernen im Sport* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, Bd. 65) (1. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.

- Daug, R., Blischke, K., Marschall, F. & Müller, H. (1990). Videotechnologien für den Spitzensport. Teil 1 *Leistungssport*, 26 (6), 12-17.
- Daug, R., Blischke, K., Marschall, F. & Müller, H. (1991a). Videotechnologien für den Spitzensport. Teil 2 *Leistungssport*, 21 (1), 50-55.
- Daug, R., Mechling, H., Blischke, K. & Olivier, N. (1991b). Sportmotorisches Lernen und Techniktraining zwischen Theorie und Praxis. Band 1. In R. Daug, Mechling, Heinz, Blischke, K. & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. "Internationales Symposium "Motorik- und Bewegungsforschung" 1989 in Saarbrücken* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 76, S. 19-33). Schorndorf: Hofmann.
- Daug, R., Blischke, K., Marschall, F., Müller, H. & Olivier, N. (1996). Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. *Leistungssport*, 26 (4), 32-36.
- Daug, R. (1999). Aktuelle Trends in der Forschung zum motorischen Lernen. In J. Krug & C. Hartmann (Hrsg.), *Praxisorientierte Bewegungslehre als angewandte Sportmotorik. Symposiumsbericht Kurt-Meinel-Symposium, Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, 1. bis 2. Dezember 1998* (Sport und Wissenschaft, 8, S. 180-193). Sankt Augustin: Academia-Verl.
- Daug, R. (2000). *Evaluation sportmotorischen Messplatztrainings im Spitzensport* (Wissenschaftliche Berichte und Materialien / Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 2000,7) (1. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Davis, K.L., Kang, M., Boswell, B.B., DuBose, K.D., Altman, S.R. & Binkley, H.M. (2008). Validity and reliability of the medicine ball throw for kindergarten children. *Journal of strength and conditioning research*, 22 (6), 1958-1963.
- Dawson, C. & Rodeo, S. (2015). Sports medicine: swimming injuries and prevention. In S.A. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster* (S. 97-122). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Deschodt, V.J., Arzac, L.M. & Rouard, A.H. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80 (3), 192-199.
- Dietze, J. (2003). Ausgewählte Aspekte des freizeitsportlichen Schwimmens. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 44 (2), 47-61.
- Dingley, A.A., Pyne, D.B., Youngson, J. & Burkett, B. (2015). Effectiveness of a dry-land resistance training program on strength, power, and swimming performance in paralympic swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (3), 619-626.
- Docherty, D., Wenger, H.A. & Collis, M.L. (1987). The effects of resistance training on aerobic and anaerobic power of young boys. *Medicine and science in sports and exercise*, 19 (4), 389-392.
- Dopsaj, M., Milosevic, M. & Blagojevic, M. (2003a). The Effect of a One-Year Swimming Course on the Swimming Skills of Police Academy Students. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 445-450). Saint-Etienne.
- Dopsaj, M., Matkovic, I., Thanopoulos, V. & Okicic, T. (2003b). Reliability and validity of basic kinematics and mechanical characteristics of pulling force in swimmers measured by the method of tethered swimming with maximum intensity of 60 seconds. *Series Physical Education and Sport*, 1 (10), 11-22.
- Dopsaj, M., Matkovic, I. & Zdravkovic, I. (2000). The relationship between 50-m-freestyle results and characteristics of tethered forces in male sprint swimmers: A new approach to tethered swimming test. *Journal of Physical Education and Sport*, 1 (7), 15-22.
- Dopsaj, M., Milosevic, M., Matkovic, I., Arlov, D. & Blagojevic, M. (1999). The relation between sprint ability in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 203-208). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- dos Santos, K., Barauce Bento, P., Pereira, G., Payton, C. & Rodacki, A.L.F. (2017). Front Crawl Swimming Performance and Bi-Lateral Force Asymmetry during Land-Based and Tethered Swimming Tests. *Journal of sports science & medicine*, 16, 574-580.
- Douda, H.T., Toubekis, A.G., Georgio, Ch., Gourgoulis, V. & Tokmatidis, S.P. (2010). Predictors of Performance in Pre-Pubertal and Pubertal Male and Female Swimmers. In P.-L. Kjendlie (Hrsg.), *XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming. Program & book of abstracts* (S. 252-254). Oslo.

- Dowse, R.A., McGuigan, M.R. & Harrison, C. (2018). Effects of a Resistance Training Intervention on Strength, Power, and Performance in Adolescent Dancers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 1.000-000.
- Drenowatz, C. & Greier, K. (2018). Resistance Training in Youth - Benefits and Characteristics. *Journal of Biomedicine*, 3, 32–39.
- Duché, P., Falgairette, G., Bedu, M., Lac, G., Robert, A. & Coudert, J. (1993). Analysis of performance of prepubertal swimmers assessed from anthropometric and bio-energetic characteristics. *Europ. J. Appl. Physiol.* 66, 467–471. <https://doi.org/10.1007/BF00599623>
- Duncan, M.J., Jones, V., O'Brien, W., Barnett, L.M. & Eyre, E.L.J. (2018). Self-Perceived and Actual Motor Competence in Young British Children. *Perceptual and motor skills*, 125 (2), 251–264.
- Durovic, M., Dopsaj, M., Madic, D., Bojic, I. & Okicic, T. (2018). Differences between the influence of squat jump performance and lower body isometric muscle force in the function of the swimming start performance efficiency. In Japanese Society of Sciences in Swimming and Water Exercise (Hrsg.), *XIII th International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings* (Biomechanics and Medicine in Swimming, XIII, S. 356-363). Tokio: Impress R&D
- Dybińska, E. & Haljand, R. (2007). Spatiotemporal (kinematic) Properties of the Finalists of European Swimming Championships in Butterfly Stroke Triest 2005. *Human Movement*, 8 (2), 104–111.
- Emmen, H.H., Wesseling, L.G., Bootsma, R.J., Whiting, H.T. & van Wieringen, P.C. (1985). The effect of video-modelling and video-feedback on the learning of the tennis service by novices. *Journal of sports sciences*, 3 (2), 127–138.
- Engau, J. (1993). Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten (Gewandtheit) im Wasser. In W. Freitag (Hrsg.), *Schwimmen - Lernen und optimieren. Band 1* (S. 93–97). Rüsselsheim: DSTV.
- Erbaugh, S. (1986). Effects of body size and body mass on the swimming performance of preschool children. *Human Movement Science*, 5 (4), 301-312.
- Eriksson, B.O. & Berg, K. & Taranger, J. (1978). Physiological Analysis of Young Boys Starting Intensive Training in Swimming. In B.O. Eriksson & B. Furberg (Hrsg.), *Swimming medicine IV. Proceedings of the Fourth International Congress on Swimming Medicine, Stockholm, Sweden* (International series on sport sciences, Vol. 6, S. 147–160). Baltimore: Univ. Park Press.
- Espada, M.C., Costa, M.J., Costa, A.M., Silva, A.J., Barbosa, T.M. & Pereira, A.F. (2016). Relationship between performance, dry-land power and kinematics in master swimmers. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 18 (2), 145–151.
- Faigenbaum, A.D., Zaichkowsky, L.D., Westcott, W.L., Micheli, L.J. & Fehlandt, A.F. (1993). The Effects of a twice-A-Week Strength Training Program on Children. *Pediatric exercise science*, 5 (4), 339–346.
- Faigenbaum, A.D., Westcott, W.L., Micheli, L.J., Outerbridge, A.R., Long, C.J., LaRosa-Loud, R. & Zaichkowsky, L.D. (1996). The Effects of Strength Training and Detraining on Children. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10 (2), 109.
- Faigenbaum, A.D., Westcott, W.L., Loud, R.L. & Long, C. (1999). The effects of different resistance training protocols on muscular strength and endurance development in children. *Pediatrics*, 104 (1), e5.
- Faigenbaum, A.D., Milliken, L.A., Loud, R.L., Burak, B.T., Doherty, C.L. & Westcott, W.L. (2002). Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Research quarterly for exercise and sport*, 73 (4), 416–424.
- Faigenbaum, A.D. (2003). Youth resistance training. *President's Council on Physical Fitness & Sports Research Digest*, 4 (3), 1–6.
- Faigenbaum, A.D., Milliken, L., Moulton, L. & Westcott, W. (2005a). Early Muscular Fitness Adaptations In Children In Response To two Different Resistance Training Regimens. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37 (Supplement), S185.
- Faigenbaum, A.D., Milliken, L., Moulton, L. & Westcott, W.L. (2005b). Early Muscular Fitness Adaptations in Children in Response to KGo Different Resistance Training Regimens. *Pediatric exercise science*, 17 (3), 237–248.
- Faigenbaum, A.D. (2005). Effects of Medicine Ball Training on Fitness Performance of High- School Physical Education Students. *The Physical Educator*, 160–167.
- Faigenbaum, A.D. & Mediate, P. (2006). Effects of Medicine Ball Training on Fitness Performance of High-School Physical Education Students. *Physical Educator*, 63, 160–167.

- Faigenbaum, A.D. (2007). State of the Art Reviews: Resistance Training for Children and Adolescents. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 1 (3), 190–200.
- Faigenbaum, A.D., McFarland, J.E., Keiper, F.B., Tevlin, W., Ratamess, N.A., Kang, J. & Hoffman, J.R. (2007). Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. *Journal of sports science & medicine*, 6 (4), 519–525.
- Faigenbaum, A.D., Kraemer, W.J., Blimkie, Cameron J R, Jeffreys, I., Micheli, L.J., Nitka, M. & Rowland, T.W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (5 Suppl), S60-79.
- Faigenbaum, A.D., Myer, G.D., Naclerio, F. & Casas, A.A. (2011). Injury Trends and Prevention in Youth Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 33 (3), 36–41.
- Faigenbaum, A.D., Farrell, A.C., Fabiano, M., Radler, T.A., Naclerio, F., Ratamess, N.A., Kang, J. & Myer, G.D. (2013a). Effects of detraining on fitness performance in 7-year-old children. *Journal of strength and conditioning research*, 27 (2), 323–330.
- Faigenbaum, A.D., Lloyd, R.S. & Myer, G.D. (2013b). Youth resistance training: past practices, new perspectives, and future directions. *Pediatric exercise science*, 25 (4), 591–604.
- Faigenbaum, A.D., Bush, J.A., McLoone, R.P., Kreckel, M.C., Farrell, A., Ratamess, N.A. & Kang, J. (2015). Benefits of Strength and Skill-based Training During Primary School Physical Education. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (5), 1255–1262.
- Faigenbaum, A.D., Lloyd, R.S., MacDonald, J. & Myer, G.D. (2016). Citius, Altius, Fortius: beneficial effects of resistance training for young athletes: Narrative review. *British journal of sports medicine*, 50 (1), 3–7.
- Faigenbaum, A. (2017). Resistance Exercise and Youth: Survival of the Strongest. *Pediatric exercise science*, 29 (1), 14–18.
- Faigenbaum, A.D., MacDonald, J.P. & Haff, G.G. (2019). Are Young Athletes Strong Enough for Sport? DREAM On. *Current sports medicine reports*, 18 (1), 6–8.
- Faigenbaum, A.D. & Westcott, W.L. (2009). *Youth Strength Training. Programs for Health, Fitness and Sport (2nd Edition)* (2nd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Falk, B. & Tenenbaum, G. (1996). The effectiveness of resistance training in children. A meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 22 (3), 176–186.
- Falk, B. & Eliakim, A. (2003). Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatric endocrinology reviews: PER*, 1 (2), 120–127.
- Falk, B. & Mor, G. (1996). The Effects of Resistance and Martial Arts Training in 6- to 8-Year-Old Boys. *Pediatric exercise science*, 8 (1), 48–56.
- Fehres, K. (1990). Zur zeitlichen Platzierung biomechanischer und und videogestützter Rückmeldung in sportmotorischen Lern- und Optimierungsprozessen. In V. Scheid (Hrsg.), *Sport und Medien in Bildung und Forschung. Bericht über die Internationalen Sportlehrfilmtage in Magglingen/Schweiz* (Berichte aus der Forschung / Forschungsgruppe Unterrichtsmedien im Sport, 4, S. 86–91). Erlensee: SFT-Verl.
- Fehres, K. (1992). *Videogestütztes Techniktraining im Sport. Theoretische Grundlagen und experimentelle Untersuchungen*. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 1991 u.d.T.: Fehres, Karin: Zum Einfluß der zeitlichen Platzierung videogestützter Rückmeldungen auf sportmotorische Lern- und Optimierungsprozesse (Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 92,2) (1. Aufl.). Köln: Sport u. Buch Strauß Ed. Sport.
- Fernandes, R.J., de Jesus, K., Carvalho, D., Machado, L., Vilas-Boas, J.P. & de Jesus, K. (2018). A usefull protocol for low to serve swimming intensities: Psychological and biomechanical characterization. In R.J. Fernandes (Hrsg.), *The science of swimming and aquatic activities* (Sports and athletics preparation, performance, and psychology, S. 227–243). New York: Nova Science Publishers.
- Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J.P. & Fernandes, R.J. (2016). Front Crawl Sprint Performance: A Cluster Analysis of Biomechanics, Energetics, Coordinative, and Anthropometric Determinants in Young Swimmers. *Motor control*, 20 (3), 209–221.
- Fina.org. (2018). *FINA 50m-pool World Records (as of June 21, 2018)*. unter http://www.fina.org/sites/default/files/wr_50m_jun_21_2018.pdf.
- Flanagan, S.P., Laubach, L.L., De Marco, George M, Alvarez, C., Borchers, S., Dressman, E., Gorka, C., Lauer, M., Mckelvy, A., Metzler, M., Poepelman, J., Redmond, C., Riggerbach, M., Tichar, S., Wallis, K. & Weseli, D. (2002). Effects of two different strength training modes on motor performance in children. *Research quarterly for exercise and sport*, 73 (3), 340–344.

- Fleck, S.J. (1988). Cardiovascular adaptations to resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20 (Sup 1), S146-S151.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. (2004). *Designing resistance training programs* (3. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Fone, L., & van den Tillaar, R. (2022). Effect of Different Types of Strength Training on Swimming Performance in Competitive Swimmers: A Systematic Review. *Sports medicine - open*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00410-5>
- Fonseca, R.M., Roschel, H., Tricoli, V., Souza, E.O. de, Wilson, J.M., Laurentino, G.C., Aihara, A.Y., Souza Leão, A.R. de & Ugrinowitsch, C. (2014). Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (11), 3085–3092.
- Ford, P., Ste Croix, M. de, Lloyd, R., Meyers, R., Moosavi, M., Oliver, J., Till, K. & Williams, C. (2011). The long-term athlete development model: physiological evidence and application. *Journal of sports sciences*, 29 (4), 389–402.
- Formitichenko, T. (1999). Relationship between sprint swimming speed and power capacity in different groups of swimmers. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 209–211). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Frank, G. (2002). *Koordinative Fähigkeiten im Schwimmen. Der Schlüssel zur perfekten Technik* (Sportpraxis) (3., verb. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Freitag, W. (1986). *Konditionelle und koordinative Leistungen von jugendlichen Schwimmern*. Zugl.: Mainz, Univ., Diss., 1984 (Sportwissenschaftliche Dissertationen) (1. Aufl.). Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.
- Freitas, D. L., Lausen, B., Maia, J. A., Lefevre, J., Gouveia, É. R., Thomis, M., Antunes, A. M., Claessens, A. L., Beunen, G., & Malina, R. M. (2015). Skeletal maturation, fundamental motor skills and motor coordination in children 7-10 years. *Journal of sports sciences*, 33(9), 924–934. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.977935>.
- Fröhlich, M., Klein, M., Pieter, A., Frenger, M. & Emrich, E. (2011). Trainingseffekte vs. motorische Entwicklung - Zur Veränderung der sportmotorischen Testleistung im Setting Schule. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 52 (1), 94–119.
- Fröhner, B. (1995a). Zur praktischen Arbeitsweise mit Computer- und Videotechnologien in der wissenschaftlichen Prozeßbegleitung im Volleyball. *Leistungssport*, 25 (5), 19–26.
- Fröhner, B. (1995b). Aktuelle Computer- und Videotechnologie zur systematischen Untersuchung des technisch-taktischen Handelns im Volleyball aus individueller und mannschaftstaktischer Sicht. *Leistungssport*, 25 (3), 4–10.
- Fröhner, B., Nobis, W. & Maspfuhl, M. (2004). Entwicklungsaspekte, Aufbau und Nutzung eines digitalen Videoanalyse-, Recherche- und Informationssystems im Training und Wettkampf. *Leistungssport*, 34 (3), 5–11.
- Gabriel, D.A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36 (2), 133–149.
- Gains, R. (2001). Swimming for Perfection. *Swimming Technique*, 37 (4), 24–26.
- Gallagher, H. (1976a). *Harry Gallagher on swimming* (Rev. ed). London: Pelham.
- Gallagher, H. (1976b). *Sprint the Crawl*. London: Pelham.
- Gambetta, V. (2012). Dryland Training. In D. Hannula & N. Thornton (Hrsg.), *The swim coaching bible* (S. 298–312). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ganter, N., Witte, K., Edelmann-Nusser, J., Heller, M., Schwab, K. & Witte, H. (2007). Spectral parameters of surface electromyography and performance in swim bench exercises during the training of elite and junior swimmers. *European journal of sport science*, 7 (3), 143–155.
- García-Ramos, A., Tomazin, K., Feriche, B., Strojnik, V., La Fuente, B. de, Argüelles-Cienfuegos, J., Strumbelj, B. & Štirn, I. (2016). The Relationship Between the Lower-Body Muscular Profile and Swimming Start Performance. *Journal of Human Kinetics*, 50 (1), 350.
- Garhammer, J. (1998). Weightlifting performance and techniques of men and woman. In K. Häkkinen (Hrsg.), *Conference book* (S. 89–94). [Helsinki]: [Suomenpainonnostoliitto].
- Garrido, N., Marinho, D.A., Reis, V.M., van den Tillaar, R., Costa, A.M., Silva, A.J. & Marques, M.C. (2010a). Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers? *Journal of sports science & medicine*, 9 (2), 300–310.

- Garrido, N., Marinho, D.A., Barbosa, T.M., Costa, A.M., Silva, A.J., Pérez Turpin, J.A. & Marques, M.C. (2010b). Relationships between dry land strength, power variables and short sprint performance in young competitive swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5 (2), 240–249.
- Garrido, N.D., Silva, A.J., Fernandes, R.J., Barbosa, T.M., Costa, A.M., Marinho, D.A. & Marques, M.C. (2012). High level swimming performance and its relation to non-specific parameters: a cross-sectional study on maximum handgrip isometric strength. *Perceptual and motor skills*, 114 (3), 936–948.
- Gasson, I. (1969). Relative Effectiveness of Teaching Beginning Badminton with and without an Instant Replay Videotape Recorder. *Perceptual and motor skills*, 29 (2), 499–502.
- Gaunt, T. & Mafulli, N. (2012). Soothing suffering swimmers: a systematic review of the epidemiology, diagnosis, treatment and rehabilitation of musculoskeletal injuries in competitive swimmers. *British Medical Bulletin* 103, 45–88.
- 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 (5), 139–144.
- Giannousi, M., Mountaki, F. & Kioumourtzoglou, E. (2017). The effects of verbal and visual feedback on performance and learning freestyle swimming in novice swimmers. *Kinesiology*, 49 (1), 65–73.
- Gil-Arias, A., Garcia-Gonzalez, L., Del Villar Alvarez, F. & Iglesias Gallego, D. (2019). Developing sport expertise in youth sport: a decision training program in basketball. *PeerJ*, 7, e7392.
- Girden, E.R. (2003). *ANOVA. Repeated measures* (Sage University papers Quantitative applications in the social sciences, 84) ([Nachdr.]). Newbury Park, Calif.: Sage Publ.
- Girold, S., Calmels, P., Maurin, D., Milhau, N. & Chatard, J.-C. (2006). Assisted and resisted sprint training in swimming. *Journal of strength and conditioning research*, 20 (3), 547–554.
- Girold, S., Jalab, C., Bernard, O., Carette, P., Kemoun, G. & Dugué, B. (2012). Dry-land strength training vs. electrical stimulation in sprint swimming performance. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (2), 497–505.
- Girold, S., Maurin, D., Dugué, B., Chatard, J.-C. & Millet, G. (2007). Effects of dry-land vs. resisted- and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances. *Journal of strength and conditioning research*, 21 (2), 599–605.
- Goldfuss, A.J. & Nelson, R.C. (1971). A temporal and force analysis of the crawl arm stroke during tethered swimming. In J.P. Clarys & L. Lewilli (Hrsg.), *First International Symposium on "Biomechanics and Swimming, Waterpolo and Diving"* (S. 129–142). Brussels.
- Gomez-Bruton, A., Matute-Llorente, A., Pardos-Mainer, E., Gonzalez-Aguero, A., Gomez-Cabello, A., Casajus, J. A., & Vicente-Rodriguez, G. (2016). Factors affecting children and adolescents 50 meter performance in freestyle swimming. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(12), 1439–1447.
- González-Badillo, J.J., Gorostiaga, E.M., Arellano, R. & Izquierdo, M. (2005). Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (3), 689–697.
- Gould, J.H. & DeJong, A.R. (1994). Injuries to Children Involving Home Exercise Equipment. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 148 (10), 1107.
- Gourgoulis, V., Boli, A., Aggeloussis, N., Toubekis, A., Antoniou, P., Kasimatis, P., Vezos, N., Michalopoulou, M., Kambas, A. & Mavromatis, G. (2014). The effect of leg kick on sprint front crawl swimming. *Journal of sportssciences*, 32 (3), 278–289.
- Granacher, U., Goesele, A., Roggo, K., Wischer, T., Fischer, S., Zuerny, C., Gollhofer, A. & Kriemler, S. (2011). Effects and mechanisms of strength training in children. *International journal of sports medicine*, 32 (5), 357–364.
- Granacher, U., Schellbach, J., Klein, K., Prieske, O., Baeyens, J.-P. & Muehlbauer, T. (2014). Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 6 (1), 40.
- Granacher, U., Lesinski, M., Büsch, D., Muehlbauer, T., Prieske, O., Puta, C., Gollhofer, A. & Behm, D.G. (2016). Effects of Resistance Training in Youth Athletes on Muscular Fitness and Athletic Performance: A Conceptual Model for Long-Term Athlete Development. *Frontiers in Physiology*, 7, 4.
- Granacher, U. & Borde, R. (2017). Effects of Sport-Specific Training during the Early Stages of Long-Term Athlete Development on Physical Fitness, Body Composition, Cognitive, and Academic Performances. *Frontiers in physiology*, 8, 810.

- Greco, C.C., Bassan, N.M. & César, T. E. A. & Denadai, B. S. (2014). Effect of an exhaustive swim exercise on isometric peak torque and stroke parameters. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 391–396). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Gröben, B. (2000). Sprache als Medium - Wirkdimensionen verbaler Instruktionen als Bewegungsunterricht. In Altenberger, H., Hotz, A., U. Hanke & K. Schmitt (Hrsg.), *Medien im Sport - zwischen Phänomen und Virtualität* (Berichte aus der Forschung / Forschungsgruppe Unterrichtsmedien im Sport, S. 50–66).
- Guadagnoli, M., Holcomb, W. & Davis, M. (2002). The efficacy of video feedback for learning the golf swing. *Journal of sports sciences*, 20 (8), 615–622.
- Gumbs, V.L., Segal, D., Halligan, J.B. & Lower, G. (1982). Bilateral distal radius and ulnar fractures in adolescent weight lifters. *The American journal of sports medicine*, 10 (6), 375–379.
- Guy, J.A.M. & Micheli, L.J.M. (2001). Strength Training for Children and Adolescents. *The Journal of American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 9 (1), 29–36.
- Hahn, A. & Strass, D. (2017). Was müssen Trainer und Athlet wissen, um ein Krafttraining sinnvoll auszuführen? In B. Steffen, A. Hahn, M. Hilgner, M. Behringer & D. Strass (Hrsg.), *Kraftvoll ins Wasser. Krafttraining für mehr Erfolg beim Schwimmen* (S. 1–39). Berlin: Springer.
- Häkkinen, K., Mero, A. & Kauhanen, H. (1989). Specificity of endurance, sprint and strength training on physical performance capacity in young athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 29 (1), 27–35.
- Hamill, B.P. (1994). Relative Safety of Weightlifting and Weight Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 8 (1), 53–57.
- Hands, B. & Larkin, D. (2006). Physical Activity Measurement Methods for Young Children: A Comparative Study. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 10 (3), 203–214.
- Hänsel, F. (2003). Instruktion. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 141, S. 265–280). Schorndorf: Hofmann.
- Hänsel, F. (2006). Feedback und Instruktion. In M. Tietjens & D. Alfermann (Hrsg.), *Handbuch Sportpsychologie* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 153, S. 62–70). Schorndorf: Hofmann.
- Hanselmann, E. (1988). Praktische Erfahrungen mit "video" in Sportunterricht und Training. In V. Scheid & H. Neisberger (Hrsg.), *Sport lernen mit Medien. In Warendorf (... Symposium der Forschungsgruppe Unterrichtsmedien im Sport, 5, S. 82–96)*. Erlensee: SFT-Verl.
- Harries, S.K., Lubans, D.R. & Callister, R. (2012). Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 15 (6), 532–540.
- Harris, C., Wattles, A.P., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P.G., Berning, J.M. & Adams, K.J. (2011). The seated medicine ball throw as a test of upper body power in older adults. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (8), 2344–2348.
- Harrison, S. M., Cohen, R. C. Z., Clearly, P. W., Mason, B. R., Pease, D. L. (2014). Torque and power about the joints of the arm during the freestyle stroke. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 349–355). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Hartmann, Ulrich, Platen, P., Niessen, M., Mank, D., Marzin, T., Bartmus, U. & Hawener, I. (2010). *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport* (1. Aufl.). Köln: Sportverl. Strauß.
- Havriluk, R. (2006). Magnitude of the effect of instructional intervention on swimming technique and performance. In J.P. Vilas-Boas, F. Alves & Marques A. (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (S. 218–220). Porto: Portuguese Journal of Sport Science.
- Havriluk, R. (2010). Performance level differences in swimming: Relative contributions of strength and technique. In P.-L. Kjendlie (Hrsg.), *XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming. Program & book of abstracts* (S. 321–323). Oslo.
- Havriluk, R. (2014). The effect of deliberate practice on the technique of national calibre swimmers. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 300–305). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Havriluk, R. (2018a). Development of an optimal Model for Technique. *Swimming World Magazine*, 59 (7), 12–13.

- Havriluk, R. (2018b). Can Katie Ledecky swim faster? *Swimming World Magazine*, 59 (3), 12–13.
- Havriluk, R. (2018c). Is a systematic approach to skill learning beneficial. In J.G. Mullen (Hrsg.), *Swimming science. Optimum performance in the water* (S. 70–73). Brighton, UK: Ivy Press.
- Hawley, J.A. & Williams, M.M. (1991). Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International journal of sports medicine*, 12 (1), 1–5.
- Hawley, J.A., Williams, M.M., Vickovic, M.M. & Handcock, P.J. (1992). Muscle power predicts freestyle swimming performance. *British journal of sports medicine*, 26 (3), 151–155.
- Hay, J.G. & Guimaraes, A.C. (1983). A quantitative look at swimming biomechanics. *Swimming Technique*, 20, 11–17.
- Hejna, W.F., Rosenberg, A., Buturusis, D.J. & Krieger, A. (1982). The Prevention of Sports Injuries in High School Students Through Strength Training. *National Strength Coaches Association Journal*, 4 (1), 28.
- Hermsdorf, M. (2012). EMG beim Schwimmen - ein Vergleich zwischen Schwimmbecken, Strömungskanal und Seilzugergometer. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 53 (2), 139–154.
- Hetherington, M.R. (1976). Effect of isometric training on the elbow flexion force torque of grade five boys. *Research quarterly*, 47 (1), 41–47.
- Hettinger, T. (1958). Die Trainierbarkeit menschlicher Muskeln in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht. *European Journal of Applied Physiology*, 17 (4), 371–377.
- Hetzler, R.K., DeRenne, C., Buxton, B.P., Ho, K.W., Chai, D.X. & Seichi, G. (1997). Effects of 12 Weeks of Strength Training on Anaerobic Power in Prepubescent Male Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (3), 174.
- Heymen, N., Leue, W., Lindauer, R. & Schulte, H. (1987). Zur Wirksamkeit von verbal-visueller Rückmeldung im Sportunterricht - ein Untersuchungsbericht. *Sportunterricht*, 38 (8), 293–298.
- Higgs, S.L. & Gallagher, H. (1979). The Effect of Arm Position on Strength of Pull In Freestyle and Backstroke. *Swimming Technique*, 16 (1), 24–27.
- Hildebrand, F. & Spahr, M. T. (2003). Technische und technologische Hilfsmittel beim motorischen Lernen. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 141, S. 387–401). Schorndorf: Hofmann.
- Hilgner, M. (2017). Wie wird das Krafttraining im Nachwuchstraining gestaltet? In B. Steffen, A. Hahn, M. Hilgner, M. Behringer & D. Strass (Hrsg.), *Kraftvoll ins Wasser. Krafttraining für mehr Erfolg beim Schwimmen* (S. 93–123). Berlin: Springer.
- Hillebrecht, H. (1993). Zum Einfluß von verschiedenen Informationsfrequenzen auf das Erlernen einer sportmotorischen Bewegungsaufgabe. In Daus, Reinhard, Blichke, K. (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 49, S. 240–247). Sankt Augustin: Academia-Verl.
- Hirtz, P. & Staroska, W. (2002). Sensitive and critical periods of motor coordination development and its relation to motor learning. *Journal of Human Kinetics*, 7, 19–28.
- Hodges, N.J., Chua, R. & Franks, I.M. (2003). The role of video in facilitating perception and action of a novel coordination movement. *Journal of Motor Behavior*, 35 (3), 247–260.
- Hohmann, A., Fehr, U. & Fankel, J. (2010). Diagnosis of Swimming Technique by Fully Tethered Swimming. In P.L. Kjendlie, R.K. Stallman & J. Cabri (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XI - Abstract Book* (S. 114). Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Hohmann, A., Neumann, T. & Fankel, J. (2018). Prognostic validity of swim-specific performance prerequisites in elite crawl sprint. In H. Takagi, Y. Ohgi, Y. Sengoku & T. Gonjo (Hrsg.), *International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. Proceedings: September 17-September 21, 2018 University of Tsukuba* (S. 381–386). Tokyo, [Tokyo]: Impress R & D; Inpuresu (Hatsubai).
- Hohmann, A., Singh, A. & Voigt, L. (2017). *Konzepte erfolgreichen Nachwuchstrainings (KerN). Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: "Langfristiger Leistungsaufbau im Nachwuchsleistungssport"* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 2016/06) (1. Aufl., Stand: Januar 2017). Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Hollander, A.P. & de Groot, G., van Ingen Schenau, Kaman, R. & Toussaint, H. (1988). Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 39–44). Champaign: Human Kinetics.

- Hollmann, W. & Strüder, H.K. (2009). *Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin* (Orthopädie, Sportmedizin) (5. Aufl.). s.l.: Schattauer GmbH Verlag für Medizin und Naturwissenschaften.
- Höltke, V., Theek, C. & Verdonck, A. (2000). Möglichkeiten und Grenzen isokinetischer Kraftdiagnostik im Leistungsschwimmen. In K. Nicol & K. Peikenkamp (Hrsg.), *Apparative Biomechanik - Methodik und Anwendungen. 5. Symposium der dvs-Sektion Biomechanik vom 11. - 13. 3. 1999 in Münster* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 115, S. 155–160). Hamburg: Czwalina.
- Hopper, R.T., Hadley, C., Piva, M. & Bambauer, B. (1983). Measurement of Power Delivered to an External Weight. In A.P. Hollander & de Groot, G. & Huijing, P.A. (Hrsg.), *IVth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 113–119). Champaign: Human Kinetics.
- Hottenrott, K. & Seidel, I. (2017). Grundlagen sportlichen Trainings und sportlicher Leistung. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Band 200, S. 77–131). Schorndorf: Hofmann.
- Hotz, A. (1988). Funktionen des Videos im sportmotorischen Lernprozeß. In V. Scheid & H. Neisberger (Hrsg.), *Sport lernen mit Medien. In Warendorf (... Symposium der Forschungsgruppe Unterrichtsmedien im Sport, 5, S. 47–53)*. Erlensee: SFT-Verl.
- Ignjatovic, A.M., Markovic, Z.M. & Radovanovic, D.S. (2012). Effects of 12-Week Medicine Ball Training on Muscle Strength and Power in Young Female Handball Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 26* (8), 2166–2173.
- Jacob, P. (2015). *Lochte-Wende muss disqualifiziert werden*. Zugriff am 11. Juli 2018 unter <https://swim.de/magazin/pool/lochte-wende-muss-disqualifiziert-werden-59145>.
- Jacob, P. (2017). *Neue Regeln FINA verbietet "Lochte-Wende" und Delfinbeine auf der Seite*. Zugriff am 11.07.18 unter <https://swim.de/aktuell/fina-verbietet-lochte-wende-und-delfinbeine-seite-67533>.
- Janelle, C.M., Champenoy, J.D., Coombes, S.A. & Mousseau, M.B. (2003). Mechanisms of attentional cueing during observational learning to facilitate motor skill acquisition. *Journal of sports sciences, 21* (10), 825–838.
- Janz, K.F., Medema-Johnson, H.C., Letuchy, E.M., Burns, T.L., Gilmore, J.M.E., Torner, J.C., Willing, M. & Levy, S.M. (2008). Subjective and objective measures of physical activity in relationship to bone mineral content during late childhood: the Iowa Bone Development Study. *British journal of sports medicine, 42* (8), 658–663.
- Jeffries, L.J. & Milanese, S.F. (2007). Epidemiology of Adolescent Spinal Pain. *Spine, 32* (23), 2630–2637.
- Jenkins, N.H. & Mintowt-Czyz, W.J. (1986). Bilateral fracture-separations of the distal radial epiphyses during weight-lifting. *British journal of sports medicine, 20* (2), 72–73.
- Jerszynski, D., Antosiak-Cyrak, K., Habiera, M., Wochna, K. & Rostkowska, E. (2013). Changes in selected parameters of swimming technique in the back crawl and the front crawl in young novice swimmers. *Journal of Human Kinetics, 37*, 161–171.
- Joch, W. & Ückert, S. (1999). *Grundlagen des Trainierens* (Sport Spektrum, 5) (2., überarb. Aufl.). Münster: Lit.
- Johnson, J.N. (2003). Competitive swimming illness and injury: common conditions limiting participation. *Current sports medicine reports, 2* (5), 267–271.
- Johnson, R.E., Sharp, R.L. & Hedrick, C.E. (1993). Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach. *Journal of Swimming Research, 9*, 10–15.
- Jones, C.S., Christensen, C. & Young, M. (2000). Weight Training Injury Trends. *The Physician and sportsmedicine, 28* (7), 61–72.
- Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Lätt, E., Purge, P., Leppik, A. & Jürimäe, T. (2007). Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers. *Pediatric exercise science, 19* (1), 70–81.
- Kannus, P. (1998). Injury prevention in strength training: overuse injuries. In K. Häkkinen (Hrsg.), *Conference book* (S. 57–62). Helsinki: Suomen painonnostoliitto.
- Karpiński, J., Rejdych, W., Brzozowska, D., Gołaś, A., Sadowski, W., Swinarew, A. S., Stachura, A., Gupta, S., & Stanula, A. (2020). The effects of a 6-week core exercises on swimming performance of national level swimmers. *PloS one, 15*(8), e0227394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394>
- Katzmarzyk, P. T., Malina, R.M. & Beunen, G.P. (1997). The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. *Annals of Humen Biology 24* (6). 493-505.

- Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., Caruso, O., Immesberger, P. & Zawieja, M. (2013). Strength performance in youth: trainability of adolescents and children in the back and front squats. *Journal of strength and conditioning research*, 27 (2), 357–362.
- Keiner, M., Sander, A., Wirth, K. & Schmidtbleicher, D. (2014). Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (1), 223–231.
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2021). The Influence of Upper- and Lower-Body Maximum Strength on Swim Block Start, Turn, and Overall Swim Performance in Sprint Swimming. *Journal of strength and conditioning research*, 35(10), 2839–2845. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003229>
- Keller, H. (1975). Programmierter Unterricht contra Methodische Übungsreihe. Ein Vergleich: Einführung des Schwebhangs in drei Sechsten unter Einsatz von visuellen Hilfsmitteln: Lehrbildreihen, Arbeitsstreifen, Videorecorder. *Sportunterricht*, 24 (4), 113–118.
- Keskinen, K., Eriksson, E. & Komi, P. (1980). Breaststroke swimmer's knee. A biomechanical and arthroscopic study. *The American journal of sports medicine*, 8 (4), 228–231.
- Keskinen, K.L., Tilli, L.J. & Komi, P.V. (1989). Maximum velocity swimming: Interrelationships of stroking characteristics, force production and anthropometric variables. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11, 87–92.
- Keszyüs, D. & Steinacker, J.M. (2017). Health and Economy – Why We Need to Promote Physical Activity in Children. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2017 (04), 85–92.
- Khan, K., McKay, H.A., Haapasalo, H., Bennell, K.L., Forwood, M.R., Kannus, P. & Wark, J.D. (2000). Does childhood and adolescence provide a unique opportunity for exercise to strengthen the skeleton? *Journal of science and medicine in sport*, 3 (2), 150–164.
- Kibler, B., Press, J. & Sciascia, A. (2006). The Role of Core Stability in Athletic Function. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36 (3), 189–198.
- Kirsten, G. (1963). Der Einfluß isometrischen Muskeltrainings auf die Entwicklung der Muskelkraft Jugendlicher. *European Journal of Applied Physiology*, 19 (6), 387–402.
- Kjendlie, P.L. & Thorsvald, K. (2006). A tethered swimming power test is highly reliable. In J.P. Vilas-Boas, F. Alves & Marques A. (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (S. 231–233). Porto: Portuguese Journal of Sport Science.
- Kjendlie, P.-L., Ingjer, F., Stallman, R.K. & Stray-Gundersen, J. (2004). Factors affecting swimming economy in children and adults. *European Journal of Applied Physiology*, 93 (1-2), 65–74.
- Klauck, J. & Daniel, K. (1992). Force and velocity characteristics of land training devices in swimming. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming. Swimming science VI* (S. 219–223). London: E & FN Spon.
- Knechtle, B., Dalamitros, A. A., Barbosa, T. M., Sousa, C. V., Rosemann, T., & Nikolaidis, P. T. (2020). Sex Differences in Swimming Disciplines–Can Women Outperform Men in Swimming? *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3651. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103651>
- Knoll, K. & Wagner, R. (1997). Anwendung eines Digitalen Videosystems (DIGVIS) beim Techniktraining im Eiskunstlauf. *Leistungssport*, 27 (2), 12–14.
- Köhler, H.-P., Polenz, C. & Witt, M. (2017). Rumpfbewegungen im Freistilschwimmen unter besonderer Betrachtung des Verletzungspotentials der Wirbelsäule. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2017 (05), 128–132.
- Kojima, K., Brammer, C. L., Sossong, T. D., Abe, T., Stager, J. M. (2014). In-water resisted sprint swim training for age-group swimmers. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 431–437). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Kolmogorov, S.V. & Duplishcheva, O.A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of biomechanics*, 25 (3), 311–318.
- Komi, P.V. (1998). Neural mechanics in strength & power training. In K. Häkkinen (Hrsg.), *Conference book* (S. 11–16). [Helsinki]: [Suomenpainonnostoliitto].
- Konin, J. G. & Barany, M. (2005). Upper Extremity and Trunk Stabilization Exercises for Swimmers. *Athletic Therapy Today*, 10 (1), 30–31.

- Konstantaki, M., Trowbridge, E.A. & Swaine, I.L. (1998). The relationship between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *Journal of sports sciences*, 16 (3), 251–256.
- Koopmann, T., Faber, I., Baker, J., & Schorer, J. (2020). Assessing Technical Skills in Talented Youth Athletes: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(9), 1593–1611. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01299-4>.
- Kopplin, M. (1993). Zur KR-Variablen „visuelle Darbietung“: Auswirkungen verschiedener Soll-Istwert-Diskrepanzdarstellungen auf die motorische Lernleistung bei einer einfachen Ganzkörperbewegung. In Daugs, Reinhard, Blichke, K. (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 49, S. 254–258). Sankt Augustin: Academia-Verl.
- Kornecki, S. & Bober, T. (1978). Extreme Velocities of a Swimming Cycle as a Technique Criterion. In B.O. Eriksson & B. Furberg (Hrsg.), *Swimming medicine IV. Proceedings of the Fourth International Congress on Swimming Medicine, Stockholm, Sweden* (International series on sport sciences, Vol. 6, S. 402–407). Baltimore: Univ. Park Press.
- Kraemer, W.J. & Fleck, S.J. (1993). *Strength training for young athletes*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Publ.
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Frykman, P.N., Conroy, B. & Hoffman, J. (1989). Resistance Training and Youth. *Pediatric exercise science*, 1 (4), 336–350.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (4), 674–688.
- Krause, D., Buckwitz, R. & Olivier, N. (2010). Videotraining zur Start- und Wendetechnik im Schwimmsport. In A. Hahn (Hrsg.), *Biomechanische Leistungsdiagnostik im Schwimmen. Erfahrungen im Leistungssport und Ableitungen für die Ausbildung von Studierenden ; Beiträge zum dvs-Symposium Schwimmen 10. - 12.09.2009 in Leipzig* (S. 19–23). Köln: Sportverl. Strauß.
- Krug, J., Heilfort, U. & Zinner, J. (1996). Digitales Video- und Signalanalysesystem – DIGVIS – Ein neues Meßplatzkonzept für den Spitzensport. *Leistungssport*, 26 (1), 13–16.
- Krug, J., Herrmann, H., Naundorf, F., Panzer, S. & Wagner, K. (2004). *Messplatztraining: Konzepte, Entwicklungsstand und Ausblick*. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Messplatztraining* (S. 13-27). Sankt Augustin: Academia.
- Küchler, J., Graumnitz, J. & Buck, M. (2013). Olympiazklusanalyse im Schwimmen 2008 - 2012. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 20 (1), 89–102.
- Kuhlmann, C., Roemer, K., Zimmermann, B., Milani, T. & Fröhner, B. (2008). Vergleichende Analyse von Technikparametern beim Angriff in definierten Spielsituationen im Volleyball. *Leistungssport*, 38 (2), 29–34.
- Kushner, A.M., Kiefer, A.W., Lesnick, S., Faigenbaum, A.D., Kashikar-Zuck, S. & Myer, G.D. (2015). Training the developing brain part II: cognitive considerations for youth instruction and feedback. *Current sports medicine reports*, 14 (3), 235–243.
- Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P. & Jürimäe, T. (2009). Physical development and swimming performance during biological maturation in young female swimmers. *Collegium antropologicum*, 33 (1), 117–122.
- 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 & medicine*, 9 (3), 398–404.
- Lavoie, J.M. & Montpetit, R.R. (1986). Applied physiology of swimming. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 3 (3), 165–189.
- Lee, C.P., Mohan, J. & Edward, R. (1998). Effects of strength training on the growth of preadolescent child. In K. Häkkinen (Hrsg.), *Conference book* (S. 251–252). [Helsinki]: [Suomenpainonnostoliitto].
- Lee, T.D. & Magill, R.A. (1983). Activity during the Post-KR Interval: Effects upon Performance or Learning? *Research quarterly for exercise and sport*, 54 (4), 340–345.
- Lesinski, M., Mühlbauer, T., Prieske, O., Büsch, D., Gollhofer, A., Puta, C., Behm, D.G. & Granacher, U. (2016a). Krafttraining im Nachwuchsleistungssport. Wirkung und Einsatz im langfristigen Leistungsaufbau. *Leistungssport*, 46 (6), 11–14.
- Lesinski, M., Prieske, O. & Granacher, U. (2016b). Effects and dose–response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 50 (13), 781–795.

- Letzelter, M. (1997). *Trainingsgrundlagen. Training, Technik, Taktik* (rororo Sport, 7024) (Orig.-Ausg., 107. - 109. Tsd). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Levac, D.E., Huber, M.E. & Sternad, D. (2019). Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 16 (1), 121.
- Lillegard, W.A., Brown, E.W., Wilson, D.J., Henderson, R. & Lewis, E. (1997). Efficacy of strength training in pre-pubescent to early postpubescent males and females: Effects of gender and maturity. *Pediatric Rehabilitation*, 1 (3), 147–157.
- Lindinger, S. & Müller, E. (1996). Videotraining – Möglichkeiten und Probleme in der Trainingspraxis am Beispiel Skilanglauf. In E. Müller & H. Schwameder (Hrsg.), *Aspekte der Sportwissenschaft. [Berichtband zur Plattform "Spektrum der Sportwissenschaft in Österreich" der Österreichischen Sportwissenschaftlichen Gesellschaft vom 12. - 13. Juni 1996 in Innsbruck]* (S. 199–210). Innsbruck: Österr. Sportwiss. Ges.
- Llana, S., Tella, V., Benavent, J. & Brizuela, G. (2002). Analysis of tethered swimming force, tethered swimming power, swimming speed and anthropometrical characteristics of young swimmers in crawl stroke. In K.E. Gianikellis (Hrsg.), *20 International Symposium on Biomechanics in Sports (2002)* (S. 60–63). Cáceres, Spain: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Lloyd, R.S. & Oliver, J.L. (2012). The Youth Physical Development Model. *Strength and Conditioning Journal*, 34 (3), 61–72.
- Lloyd, R.S., Faigenbaum, A.D., Stone, M.H., Oliver, J.L., Jeffreys, I., Moody, J.A., Brewer, C., Pierce, K.C., McCambridge, T.M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L.J., Jaques, R., Kraemer, W.J., McBride, M.G., Best, T.M., Chu, D.A., Alvar, B.A. & Myer, G.D. (2014a). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British journal of sports medicine*, 48 (7), 498–505.
- Lloyd, R.S., Oliver, J.L., Faigenbaum, A.D., Myer, G.D. & Ste Croix, M.B.A. de. (2014b). Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (5), 1454–1464.
- Lloyd, R.S., Oliver, J.L., Faigenbaum, A.D., Howard, R., Ste Croix, M.B.A. de, Williams, C.A., Best, T.M., Alvar, B.A., Micheli, L.J., Thomas, D.P., Hatfield, D.L., Cronin, J.B. & Myer, G.D. (2015a). Long-term athletic development- part 1: a pathway for all youth. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (5), 1439–1450.
- Lloyd, R.S., Oliver, J.L., Faigenbaum, A.D., Howard, R., Ste Croix, M.B.A. de, Williams, C.A., Best, T.M., Alvar, B.A., Micheli, L.J., Thomas, D.P., Hatfield, D.L., Cronin, J.B. & Myer, G.D. (2015b). Long-term athletic development, part 2: barriers to success and potential solutions. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (5), 1451–1464.
- Lloyd, R.S., Cronin, J.B., Faigenbaum, A.D., Haff, G.G., Howard, R., Kraemer, W.J., Micheli, L.J., Myer, G.D. & Oliver, J.L. (2016a). National Strength and Conditioning Association Position Statement on Long-Term Athletic Development. *Journal of strength and conditioning research*, 30 (6), 1491–1509.
- Lloyd, R.S., Radnor, J.M., Ste Croix, M.B.A. de, Cronin, J.B. & Oliver, J.L. (2016b). Changes in Sprint and Jump Performances After Traditional, Plyometric, and Combined Resistance Training in Male Youth Pre- and Post-Peak Height Velocity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30 (5), 1239–1247.
- Lloyd, R., Radnor, J.M., Moeskops, S., Meyers, R., Read, P. & Oliver, J. (2020). Applying strength and conditioning practices to young athletes. In A. Turner (Hrsg.), *Routledge Handbook of Strength and Conditioning. Sport-specific programming* (S. 23–37). London, New York: Routledge.
- Lopes, T., Goncalves, C.A., Graca, C., Neiva, H.P. & Marinho, D. A. (2019). The Relationship between Front Crawl Swimming Performance and Strength Variables in College Swimmers. *Ergonomics International Journal*, 3 (1).
- Lopes, T. J., Neiva, H. P., Gonçalves, C. A., Nunes, C., & Marinho, D. A. (2021). The effects of dry-land strength training on competitive sprinter swimmers. *Journal of exercise science and fitness*, 19(1), 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.06.005>
- Loturco, I., Barbosa, A.C., Nocentini, R.K., Pereira, L.A., Kobal, R., Kitamura, K., Abad, C.C., Figueiredo, P. & Nakamura, F.Y. (2016). A Correlational Analysis of Tethered Swimming, Swim Sprint Performance and Dry-land Power Assessments. *International journal of sports medicine*, 37 (3), 211–218.
- Lucero, B. (2010). *Challenge workouts. For advanced swimmers* (Online-Ausg). Aachen, Germany: Meyer & Meyer Sport.
- Lucero, B. (2011). *Schwimmen. Die 100 besten Technikübungen: [Schwimmtechnik verbessern ; Effizienz steigern ; Workouts bis 2.000 Meter]*. Aachen: Meyer & Meyer.

- Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Pühse, U. & Colledge, F. (2018). Effects of Aerobic Exercise on Cognitive Performance Among Young Adults in a Higher Education Setting. *Research quarterly for exercise and sport*, 89 (2), 164–172.
- Luedtke, D. & Duoos, B. (2015). Comparison of Four Feedback Methods Used to Help Improve Swimming Relay Exchanges: A Pilot Study. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 9 (2), 175–183.
- Lumley, T., Diehr, P., Emerson, S. & Chen, L. (2002). The importance of the normality assumption in large public health data sets. *Annual review of public health*, 23, 151–169. doi:10.1146/annurev.publhealth.23.100901.140546
- Lyttle, A. & Blanksby, B. (2011). A review of swimming dive starting and turning performance. In L. Seifert, D. Chollet & I. Mujika (Hrsg.), *World Book of Swimming: Form Science to Performance. Sports and Athletics Preparation, Performance and Psychology* (S. 425–442). New York: Nova Science.
- Magill, R.A. (2011). *Motor learning and control. Concepts and applications* (9th ed., internat. ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Maglischo, C., Maglischo, E., Sharp, R.L., Zier, D. & Katz, A. (1984). Tethered and non-tethered crawl swimming. In J. Terauds, K. Barthsels, E. Kreighbaum, R. Mann & J. Crakes (Hrsg.), *2 International Symposium on Biomechanics in Sports (1984)* (S. 163–176). Colorado Springs, USA: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Maglischo, E.W. (2003). *Swimming fastest. The essential reference on technique, training, and program design*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Magnusson, S.P., Constantini, N.W., McHugh, M.P. & Gleim, G.W. (1995). Strength profiles and performance in Masters' level swimmers. *The American journal of sports medicine*, 23 (5), 626–631.
- Makarenko, L.P. (1978). *Schwimmtechnik*. Berlin: Sportverlag.
- Maleki, F., Shafie Nia, P. & Zarghami, M. & Neisi, A. (2010). The Comparison of Different Types of Observational Training on Motor Learning of Gymnastic Handstand. *Journal of Human Kinetics*, 26, 13–19.
- Malina, R.M. (2006). Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16 (6), 478–487.
- Malina, R.M. (2007). Physical fitness of children and adolescents in the United States: status and secular change. *Medicine and sport science*, 50, 67–90.
- Malina, R.M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (Second edition). Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Mandzak, P., Mandzakova, M. & Pavlikova, R. (2020). The impact of special strength intervention in water on the flutter kicking performance in swimming. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020 (02), 108–115.
- Manning, J.M., Dooley-Manning, C.R., Terell, D.T. & Salas, E. (1986). Effects of a Power Circuit Weight Training Program on Power Production and Performance. *Journal of Swimming Research*, 2 (1), 24–29.
- Marinho, D.A., Barbosa, T.M., Costa, M.J., Figueiredo, C., Reis, V.M., Silva, A.J. & Marques, M.C. (2010). Can 8-weeks of Training Affect Active Drag in Young Swimmers? *Journal of sports science & medicine*, 9 (1), 71–78.
- Marinho, P., Orival, A. (2003). Isometric force assessment and influence on the maximum velocity of swimmers of different levels. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 349–354). Saint-Etienne.
- Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40 (10), 859–895.
- Marques, M. C., Yáñez-García, J. M., Marinho, D. A., González-Badillo, J. J., & Rodríguez-Rosell, D. (2020). In-Season Strength Training in Elite Junior Swimmers: The Role of the Low-Volume, High-Velocity Training on Swimming Performance. *Journal of human kinetics*, 74, 71–84. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0015>
- Marschall, F. & Daus, R. (2003). Feedback. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 141, S. 281–294). Schorndorf: Hofmann.
- Marschall, F., Reiser, M. & Daus, R. (1993). Zur Evaluation und Implementation timecode-basierter Videotechnologie im sportmotorischen Videotraining. In J. Perl (Hrsg.), *Sport und Informatik III. Bericht über den 3. Workshop Sport und Informatik vom 22. - 24. Juni 1992 in Schifferstadt ; Verant.: Arbeitsgruppe In-*

- formatik der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 93,5, S. 160–171). Köln: Sport und Buch Strauss Ed. Sport.
- Marsh, D. & Pilczuk, B. (2012). The Art of Training Sprinters. In D. Hannula & N. Thornton (Hrsg.), *The swim coaching bible* (S. 222–234). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Martin, D. (1982). *Die Planung, Gestaltung, Steuerung des Trainings und das Kinder- und Jugendtraining* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 77/78). Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D. (1991). Merkmale einer trainingswissenschaftlichen Theorie des Techniktrainings. In R. Dausg, Mechling, Heinz, Blischke, K. & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. "Internationales Symposium "Motorik- und Bewegungsforschung" 1989 in Saarbrücken* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 76, S. 53–78). Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D. (1992). Training Science: Technique Training - An Aspect of Training Theory. In H. Haag & R. Ballreich (Hrsg.), *Sport science in Germany. An interdisciplinary anthology* (S. 241–262). Berlin: Springer.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 100) (2., unveränd. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Martinez, A., Snyder, A.J. & Smith, G.A. (2011). Home Exercise Equipment-Related Injuries Among Children in the United States. *Clinical Pediatrics*, 50 (6), 553–558.
- Mathelitsch, L. & Thaller, S. (2015). *Physik des Sports* (1. Aufl.). s.l.: Wiley-VCH.
- Mavridis, G., Kabitsis, C., Gourgoulis, V., Toubekis, A. (2006). Swimming velocity improved by specific resistance training in age-group swimmers. In J.P. Vilas-Boas, F. Alves & Marques A. (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (S. 304–306). Porto: Portuguese Journal of Sport Science.
- Mayer, F., Arampatzis, A., Banzer, W., Beck, H., Brüggemann, G-P, Hasenbring, M., Kellmann, M., Kleinert, J., Schlittenwolf, M., Schmidt, H., Schneider, C., Stengel, D., Wippert, P.-M. & Platen, P. (2018). Medicine in Spine Exercise [MiSpEx] - a National Research Network to evaluate Back Pain. *German Journal of Sports Medicine*, 69 (7-8), 229–235.
- Mayhew, J.L., Bemben, M.G., Piper, F.C., Ware, J.S., Rohrs, D.M. & Bemben, D.A. (1993). Assessing Bench Press Power in College Football Players: The Seated Shot Put. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 7 (2). unter https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1993/05000/Assessing_Bench_Press_Power_in_College_Football.4.aspx.
- Mazzilli, F. (2019). Body Height and Swimming Performance in 50 and 100 m Freestyle Olympic and World Championship Swimming Events: 1908 - 2016. *Journal of Human Kinetics*, 66, 205–213.
- McCambridge, T.M. & Stricker, P.R. (2008). Strength training by children and adolescents. *Pediatrics*, 121 (4), 835–840.
- McClellan, T. (2001). How you can build a stronger Core Body. *Swimming Technique*, 37 (4), 23.
- McCullagh, P., Stiehl, J. & Weiss, M.R. (1990). Developmental modeling effects on the quantitative and qualitative aspects of motor performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 61 (4), 344–350.
- McCullagh, P. & Caird, J. (1990). Correct and learning models and the use of model knowledge of results in the acquisition and retention of a motor skill. *Journal of human movement studies*, 18 (1), 107–116.
- McCullagh, P. & Weiss, M.R. (2001). Modeling: Considerations for motor skill performance and psychological responses. In R.N. Singer, H.A. Hausenblas & C.M. Janelle (Hrsg.), *Handbook of sport psychology* (S. 205–238). New York, NY: Wiley.
- McGill, S.M. (2001). Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and sport sciences reviews*, 29 (1), 26–31.
- McMaster, W.C. & Troup, J. (1993). A survey of interfering shoulder pain in United States competitive swimmers. *The American journal of sports medicine*, 21 (1), 67–70.
- McMaster, W.C. (1996). Medical Aids to improve Training. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 96–104). London, New York: E & FN Spon.
- McNarry, M., Barker, A., Lloyd, R.S., Buchheit, M., Williams, C.A. & Oliver, J.L. (2014). The BASES Expert Statement on Trainability during Childhood and Adolescence. *The Sport and Exercise Scientist*, 41, 22–23.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (Hrsg.). (2007). *Bewegungslehre - Sportmotorik. Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt* (11., überarb. und erw. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer. (2007).
- Mierke, K. (2007). *Lauftraining für Triathleten und Marathonläufer* (1. Aufl.). Betzenstein: Sportwelt-Verl.

- Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V. & Zancanaro, C. (2020). The role of age, sex, anthropometry, and body composition as determinants of physical fitness in nonobese children aged 6–12. *PeerJ*:e8657 <https://doi.org/10.7717/peerj.8657>
- Miyashita, M. (1975). Arm action in the crawl stroke. In L. Lewilli & J.P. Clarys (Hrsg.), *Swimming II: Proceedings of the Second International Symposium on Biomechanics in Swimming* (S. 167–173). Baltimore: University Park Press.
- Miyashita, M., Takahashi, S., Troup, J. P. & Wakayoshi, K. (1992). Leg extensions power of elite swimmers. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming. Swimming science VI* (S. 295–299). London: E & FN Spon.
- Moliner-Urdiales, D., Ruiz, J.R., Ortega, F.B., Jiménez-Pavón, D., Vicente-Rodriguez, G., Rey-López, J.P., Martínez-Gómez, D., Casajús, J.A., Mesana, M.I., Marcos, A., Noriega-Borge, M.J., Sjöström, M., Castillo, M.J. & Moreno, L.A. (2010). Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA studies. *Journal of science and medicine in sport*, 13 (6), 584–588.
- Monteil, K.M., Rouard, A.H., Dufour, A.B., Cappaert, J. & Troup, J.P. (1996). Swimmers's Shoulder: EMG of the Rotators during a Flume Test. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 83–93). London, New York: E & FN Spon.
- Mooney, R., Corley, G., Godfrey, A., Osborough, C., Newell, J., Quinlan, L. R., O'Laighin, G. (2016). Analysis of swimming performance: perceptions and practices of US-based swimming coaches. *Journal of sports science* 34 (11). 997–1005.
- Morais, J. E., Jesus, S., Lopes, V., Garrido, N., Silva, A., Marinho, D. & Barbosa, T. (2012). Linking selected kinematic, anthropometric and hydrodynamic variables to young swimmer performance. *Pediatr. Exerc. Sci.* 24, 649–664. doi: 10.1123/pes.24.4.649
- Morais, J.E., Marques, M.C., Marinho, D.A., Silva, A.J. & Barbosa, T.M. (2014). Longitudinal modeling in sports: young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human movement science*, 37, 111–122.
- Morais, J.E., Silva, A.J., Marinho, D.A., Seifert, L. & Barbosa, T.M. (2015). Cluster stability as a new method to assess changes in performance and its determinant factors over a season in young swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10 (2), 261–268.
- Morais, J.E., Silva, A.J., Marinho, D.A., Lopes, V.P. & Barbosa, T.M. (2017). Determinant Factors of Long-Term Performance Development in Young Swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 12 (2), 198–205.
- Morais, J.E., Silva, A.J., Garrido, N.D., Marinho, D.A. & Barbosa, T.M. (2018). The transfer of strength and power into the stroke biomechanics of young swimmers over a 34-week period. *European journal of sport science*, 18 (6), 787–795.
- Morais, J. E., Barbosa, T. M., Forte, P., Silva, A. J., & Marinho, D. A. (2021). Young Swimmers' Anthropometrics, Biomechanics, Energetics, and Efficiency as Underlying Performance Factors: A Systematic Narrative Review. *Frontiers in physiology*, 12, 691919. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.691919>
- Moran, J., Sandercock, G., Ramirez-Campillo, R., Clark, C.C.T., Fernandes, J.F.T. & Drury, B. (2018a). A Meta-Analysis of Resistance Training in Female Youth: Its Effect on Muscular Strength, and Shortcomings in the Literature. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48 (7), 1661–1671.
- Moran, J., Sandercock, G.R.H., Ramírez-Campillo, R., Wooller, J.-J., Logothetis, S., Schoenmakers, P.P.J.M. & Parry, D.A. (2018b). Maturation-Related Differences in Adaptations to Resistance Training in Young Male Swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 32 (1), 139–149.
- Morouço, P., Keskinen, K.L., Vilas-Boas, J.P. & Fernandes, R.J. (2011a). Relationship between Tethered Forces and the Four Swimming Techniques Performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27 (2), 161–169.
- Morouço, P., Neiva, H., González-Badillo, J.J., Garrido, N., Marinho, D.A. & Marques, M.C. (2011b). Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: a pilot study. *Journal of Human Kinetics*, 29A, 105–112.
- Morouço, P., Marinho, D.A., Fernandes, R.J. & Marques, M.C. (2011c). Tethered swimming as an useful tool to measure unbalance between arms and force production decrease. In M. Vilas-Boas (Hrsg.), *29 International Conference on Biomechanics* (S. 339–342).

- Morouço, P.G., Marinho, D.A., Amaro, N.M., Pérez-Turpin, J.A. & Marques, M.C. (2012). Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7 (2), 553–559.
- Morouço, P., Marinho, D.A. & Marques, M.C. (2014a). Are dry-land strength metrics and force exerted in-water related with high swimming velocity in young athletes. In K. Sato, W.A. Sands & S. Mizuguchi (Hrsg.), *32 International Conference of Biomechanics in Sports (2014)* (S. 65–68). Johnson City, USA: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Morouço, P., Marinho, D.A., Keskinen, K.L., Badillo, J.J. & Marques, M.C. (2014b). Tethered Swimming Can Be Used to Evaluate Force Contribution for Short-Distance Swimming Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (11), 3093–3099.
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Izquierdo, M., Neiva, H., & Marques, M. C. (2015). Relative Contribution of Arms and Legs in 30 s Fully Tethered Front Crawl Swimming. *BioMed research international*, 563206. <https://doi.org/10.1155/2015/563206>.
- Morouço, P.G., Barbosa, T.M., Arellano, R. & Vilas-Boas, J.P. (2018). Intracyclic Variation of Force and Swimming Performance. *International journal of sports physiology and performance*, 1–6.
- Morris, K.S., Osborne, M.A., Shephard, M.E., Skinner, T.L. & Jenkins, D.G. (2016). Velocity, aerobic power and metabolic cost of whole body and arms only front crawl swimming at various stroke rates. *European journal of applied physiology*, 116 (5), 1075–1085.
- Mountjoy, M. (2018). Enhancing Sport Performance through Athlete Health and Well-being. In Masanobu Iseri (Hrsg.), *XIII th International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings. Tsukuba, Japan, 17 - 21 September 2018* (S. 12–16). Kanda Jinbocho, Chiyoda-ku Tokyo, Japan: Impress R&D.
- Moura, T., Costa, M., Oliveira, S., Júnior, M. B., Ritti-Dias, R., & Santos, M. (2014). Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage. *Journal of human kinetics*, 42, 277–284. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0081>.
- Muckenfuss. (1989). Freestyle without the frills. *Swimming Technique*, 25 (3), 20–25.
- Mujika, I., Busso, T., Geysant, A. & Chatard, J.C. (1996). Training Content and its Effects on Performance in 100 and 200m Swimmers. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 201–207). London, New York: E & FN Spon.
- Mukherjee, S., Ting Jamie, L.C. & Fong, L.H. (2017). Fundamental Motor Skill Proficiency of 6- to 9-Year-Old Singaporean Children. *Perceptual and motor skills*, 124 (3), 584–600.
- Mühl, A., Herkner, K. R., & Swoboda, W. (1992). Der Mid-Growth-Spurt (MGS)--ein präpubertärer Wachstumsschub. Überblick über seine Bedeutung und mögliche biologische Zusammenhänge [The mid-growth spurt--a pre-pubertygrowth spurt. Review of its significance and biological correlations]. *Padiatrie und Padologie*, 27 (5), 119–123.
- Müller, E. (1998). Leistungssteigerung im Spitzensport durch Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien. In J. Mester & J. Perl (Hrsg.), *Informatik im Sport. Bericht über das internationale Symposium vom 12.-14. Juni 1997 in Köln = Computer science in sport* (Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 1998,5, S. 116–121). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Munro, A. & Herrington, L. (2014). The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: Implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury prevention. *The Knee*, 21 (5), 891–895.
- Mutoh, Y., Takamoto, M. & Miyashita, M. (1988). Chronic injuries of elite competitive swimmers, divers, water polo players, and synchronized swimmers. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 333–337). Champaign: Human Kinetics.
- Myer, G.D., Faigenbaum, A.D., Chu, D.A., Falkel, J., Ford, K.R., Best, T.M. & Hewett, T.E. (2011). Integrative training for children and adolescents: techniques and practices for reducing sports-related injuries and enhancing athletic performance. *The Physician and sportsmedicine*, 39 (1), 74–84.
- Naemi, R., Easson, W.J. & Sanders, R.H. (2010). Hydrodynamic glide efficiency in swimming. *Journal of science and medicine in sport*, 13 (4), 444–451.
- Narita, K., Ogita, F., Nakashima, M., Gonjo, T., Takagi, H. (2018). The relationship between active drag and swimming velocity during front-crawl swimming. In Masanobu Iseri (Hrsg.), *XIII th International Symposi-*

- sium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings. Tsukuba, Japan, 17 - 21 September 2018 (S. 84–90). Kanda Jinbocho, Chiyoda-ku Tokyo, Japan: Impress R&D.
- Nasirzade, A., Sadeghi, H., Baghaiyan, M., Sobhkhizi, A., Fattahi, A. & Argavani, H. (2015). Multivariate Analysis of 200-m Front Crawl Swimming Performance in Young Male Swimmers [Acta of Bioengineering and Biomechanics; 03/2015; ISSN 1509-409X]. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 17 (3), 137–143.
- Naughton, G., Farpour-Lambert, N.J., Carlson, J., Bradney, M. & van Praagh, E. (2000). Physiological Issues Surrounding the Performance of Adolescent Athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30 (5), 309–325.
- Naundorf, F., Brehmer, S., Lehmann, T. & Seidel, I. (2017). Erhöhung der Wirksamkeit des Techniktrainings durch den Einsatz des Mess- und Informationssystems am Reck. *Leistungssport*, 47 (6), 43–47.
- Nauß, N. & Witt, M. (2010). Möglichkeiten des kraftorientierten Techniktrainings zur Erhöhung der Antriebsleistung der oberen Extremitäten. *Der Schwimmtrainer*, 97, 28–32.
- Negra, Y., Chaabene, H., Fernandez-Fernandez, J., Sammoud, S., Bouguezzi, R., Prieske, O., & Granacher, U. (2020). Short-Term Plyometric Jump Training Improves Repeated-Sprint Ability in Prepuberal Male Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*, 34(11), 3241–3249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002703>
- Nevill, A. M., Negra, Y., Myers, T. D., Sammoud, S., & Chaabene, H. (2020). Key somatic variables associated with, and differences between the 4 swimming strokes. *J. Sports Sci.* 37, 787–794. doi: 10.1080/02640414.2020.1734311
- Neumaier, A., Marées, H. de & Seiler, R. (1997). Stand und Probleme des Techniktrainings - Trainerbefragung und Literaturanalyse. In Nitsch, J. R., Neumaier, A., H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 94, S. 13–35). Schorndorf: Hofmann.
- Neumann, G. & Hottenrott, K. (2016). *Das große Buch vom Laufen* (3rd ed.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Newton, R.U., Jones, J., Kraemer, W.J. & Wardle, H. (2002). Strength and Power Training of Australian Olympic Swimmers. *Strength and Conditioning Journal*, 24 (3), 7–15.
- Nichols, D.L., Sanborn, C.F. & Love, A.M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *The Journal of Pediatrics*, 139 (4), 494–500.
- Nicol, E., Ball, K. & Tor, E. (2018). The biomechanics and individualisation of swimming turn technique in elite swimmers. In Masanobu Iseri (Hrsg.), *XIII th International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings. Tsukuba, Japan, 17 - 21 September 2018* (S. 91–98). KandaJinbocho, Chiyoda-ku Tokyo, Japan: Impress R&D.
- Niessen, M., Marzin, T. & Hartmann, U. (2010). Auswirkungen von Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen auf Parameter von Kraft und sportmotorischer Leistung - eine meta-analytische Update-Betrachtung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 51 (2), 110–124.
- Nomura, T., Wakayoshi, K., Miyashita, M. & Muthoh, Y. (1996). Physiological Evaluation of the 400m Freestyle Race. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 208–215). London, New York: E & FN Spon.
- Nowoisky, C., Beyer, C., Zepperitz, S. & Büsch, D. (2012). Ein trainingsmethodisches und technologisches Konzept zum Video-Feedback im Techniktraining. *Leistungssport*, 42 (6), 19–25.
- Nugent, F.J., Comyns, T.M. & Warrington, G.D. (2018). Strength and Conditioning Considerations for Youth Swimmers. *Strength and Conditioning Journal*, 40 (2). 31-39.
- O'Donoghue, P. (2006). The use of feedback videos in sport. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6 (2), 1–14.
- Ogonowska, A., Hübner-Woźniak, E., Kosmol, A. & Gromisz, W. (2009). Anaerobic capacity of upper extremity muscles of male and female swimmers. *Biomedical Human Kinetics*, 1, 24.
- Olbrecht, J. & Clarys, J.P. (1983). EMG of specific strength training exercises for the frontcrawl. In A.P. Hollander & de Groot, G. & Huijing, P.A. (Hrsg.), *IVth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 136–141). Champaign: Human Kinetics.
- Olivier, N. (1987). *Bewegungslernen mit Zeitlupendarstellungen. Theoret. Grundlagen u. experimentelle Unters.* Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 1986 u.d.T.: Olivier, Norbert: Zum Einfluß von dynamischen Lehrmaterialien in Normalgeschwindigkeit und Zeitluppe auf den visuo-motorischen Informationsumsatz beim Bewegungsneulernen (Sportwissenschaft und Sportpraxis, 61) (1. Aufl.). Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.

- Olivier, N., Blischke, K., Daus, R. & Müller, H. (1994). Visuelle Selektion beim sportmotorischen Videotraining. *Psychologie und Sport*, 1 (4), 140–148.
- Olivier, N., Marschall, F. & Büsch, D. (2016). *Grundlagen der Trainingswissenschaft und -lehre* (Grundlagen der Sportwissenschaft, 3) (2., überarbeitete Auflage). Schorndorf: Hofmann.
- Olivier, N. & Müller, H. (2002). Sporttechnisches Bildschirmtraining im Spiegel des "motorapproach" der Motorikforschung. In H. Altenberger (Hrsg.), *Medien im Sport* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 136, S. 261–287). Schorndorf: Hofmann.
- Olivier, N. & Krause, D. (2008). Videotraining im Schwimmsport. *BISp Jahrbuch - Forschungsförderung 2008/09*, 129–132.
- Olivier, N. & Rockmann, U. (2013). *Grundlagen der Bewegungswissenschaft und -lehre* (Reihe: Grundlagen der Sportwissenschaft, 1). [Schorndorf]: Hofmann.
- Ondrak, K.S. & Morgan, D.W. (2007). Physical activity, calcium intake and bone health in children and adolescents. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 37 (7), 587–600. unter <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200737070-00003>.
- Opitz, C. & Fischer, U. (2011). Das Videofeedback in der universitären Lehre am Beispiel sportpraktischer Veranstaltungen. *Journal Hochschuldidaktik* (1), 24–28.
- Opstoel, K., Pion, J., Elferink-Gemser, M., Hartman, E., Willemse, B., Philippaerts, R., Visscher, C. & Lenoir, M. (2015). Anthropometric characteristics, physical fitness and motor coordination of 9 to 11 year old children participating in a wide range of sports. *PLoS one*, 10 (5), e0126282.
- Ozmun, J.C., Mikesky, A.E. & Surburg, P.R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Medicine and science in sports and exercise*, 26 (4), 510–514.
- Pankhurst, A. (2015). Growth and Development. In S.A. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster* (S. 353–369). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Panzer, S. (2017). Motorisches Umlernen. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Band 200, S. 272–274). Schorndorf: Hofmann.
- Papoti, M., da Silva, A.S.R., Araujo, G.G., Santiago, V., Martins, L.E.B., Cunha, S.A. & Gobatto, C.A. (2013). Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. *International journal of sports medicine*, 34 (8), 712–719.
- Pauer, T. (1998). Einfluss von Schwimmen auf die Entwicklung der kindlichen Motorik. In J. Kozel & P. Ackermann (Hrsg.), *Gesund durch Schwimmen. Chancen, Risiken und Programme ; [Kongreß vom 30. Mai bis 2. Juni 1996 in Sindelfingen]* (Reihe "Sport", 5, S. 28–38). Schorndorf: Hofmann.
- Payne, V.G., Morrow, J.R., Johnson, L. & Dalton, S.N. (1997). Resistance Training in Children and Youth: A Meta-Analysis. *Research quarterly for exercise and sport*, 68 (1), 80–88.
- Peitz, M., Behringer, M., & Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us?. *PLoS one*, 13(10), e0205525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205525>
- Peñailillo, L., Espíldora, F., Jannas-Vela, S., Mujika, I. & Zbinden-Foncea, H. (2016). Muscle Strength and Speed Performance in Youth Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 50, 203–210.
- Penman, K.A., Bartz, D. & Davis, R. (1968). Relative Effectiveness of an Instant Replay Videotape Recorder in Teaching Trampoline. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 39 (4), 1060–1062.
- Penman, K. (1969). Relative Effectiveness of Teaching Beginning Tumbling with and without an Instant Replay Videotape Recorder. *Perceptual and motor skills*, 28 (1), 45–46.
- Pérez-Olea, J.I., Valenzuela, P.L., Aponte, C. & Izquierdo, M. (2018). Relationship Between Dryland Strength and Swimming Performance: Pull-Up Mechanics as a Predictor of Swimming Speed. *Journal of strength and conditioning research*, 32 (6), 1637–1642.
- Pešić, M., Okičić, T., Madić, D., Dopsaj, M., Djurovic, M. & Djordjevic, S. (2015). The Effects of Additional Strength Training on Specific Motor Abilities in Young Swimmers. *Physical Education and Sport*. Vol. 13, No 2. 291 – 301.
- Persyn, U., Van Tilborgh, L., Daly, D., Colman, V., Vifvinkel, D. Verhetsel, D. (1988). Computerized Evaluation and Advice in Swimming. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 341–349). Champaign: Human Kinetics.

- Pessôa-Filho, D.M. & Denadai, B.S. (2008). Mathematical Basis for Modeling Swimmer Power Output in the Front Crawl Tethered Swimming: An Application to Aerobic Evaluation. *The Open Sports Sciences Journal*, 1 (1), 31–37.
- Pharr, J., Irwin, C., Layne, T., & Irwin, R. (2018). Predictors of Swimming Ability among Children and Adolescents in the United States. *Sports (Basel, Switzerland)*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/sports6010017>
- Phelps, M. (2003). One-Arm Butterfly Drill. *Swimming Technique*, 39 (4), 13–15.
- Phillips, A. (2018). dryland training. In J.G. Mullen (Hrsg.), *Swimming science. Optimum performance in the water* (S. 97–123). Brighton, UK. Ivy Press.
- Pichardo, A.W., Oliver, J.L., Harrison, C.B., Maulder, P.S. & Lloyd, R.S. (2018). Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13 (6), 1189–1199.
- Pichon, F., Chatard, J.C., Martin, A. & Cometti, G. (1995). Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 27 (12), 1671–1676.
- Piette, G. & Clarys, J.P. (1979). Telemetric EMG of the front crawl movement. In J. Terauds & E.W. Bedingfield (Hrsg.), *Swimming III* (S. 153–158). Baltimore: Univ. Park Press.
- Pla, R., Leroy, A., Massal, R., Bellami, M., Kaillani, F., Hellard, P., Toussaint, J.-F. & Sedeaud, A. (2019). Bayesian approach to quantify morphological impact on performance in international elite freestyle swimming. *BMJ open sport & exercise medicine*, 5 (1), e000543.
- Podstawski, R. & Borysławski, K. (2014). Influence of pe teachers' qualifications on the motor abilities of early school-age children. Influence of pe teachers' qualifications on the motor abilities of early school-age children. *Physical education of students*, 1, 56–63.
- Pöhlmann, R. & Bernien, J. (1981). Zur psychologischen Bedeutung von unterschiedlichen Informationsfrequenzen im motorischen Lernprozeß. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 30, 933–941.
- Popovic, C. & Suciuc, M.A. (2013). Dry land training and swimming performance in children aged 11-12 years. *Palestrica of the third millennium – Civilization and Sport*, 14 (3), 219–222.
- Potdevin, F.J., Alberty, M.E., Chevutschi, A., Pelayo, P. & Sidney, M.C. (2011). Effects of a 6-week plyometric training program on performances in pubescent swimmers. *Journal of strength and conditioning research*, 25 (1), 80–86.
- Prieske, O., Muehlbauer, T. & Granacher, U. (2016). The Role of Trunk Muscle Strength for Physical Fitness and Athletic Performance in Trained Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46 (3), 401–419.
- Prins, J. (2007). Swimming Stroke Mechanics: A Biomechanical Viewpoint on the Role of the Hips and Trunk in Swimming. *Journal of Swimming Research*, 17 (1), 39–44.
- Psycharakis, S.G., Paradisis, G.P. & Zacharogiannis, E. (2011). Assessment of accuracy, reliability and force measurement errors for a tethered swimming apparatus. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11 (3), 410–416.
- Psycharakis, S.G. & Yanai, T. (2018). How does buoyancy affect performance during a 200m maximum front crawl swim? *Journal of sports sciences*, 36 (18), 2061–2067.
- Radnor, J.M., Lloyd, R.S. & Oliver, J.L. (2017). Individual Response to Different Forms of Resistance Training in School-Aged Boys. *Journal of strength and conditioning research*, 31 (3), 787–797.
- Ramsay, J.A., Blimkie, C.J., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J.D. & Sale, D.G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (5), 605–614.
- Rasulbekov, R.A., Fomin, R.A., Chulkov, V.U. & Chudovsky, V.I. (1986). Explosive Strength in Pulling. *Swimming Technique*, 23 (2), 30–32.
- Razali, R., Suwarganda, E. & Zawaki, I. (2012). The Effect of direct video feedback on performance of tennis serve. In Bradshaw, E., Burnett, A., Hume, P. (Hrsg.), *30 International Conference on Biomechanics in Sports. July 02 – July 06, 2012* (S. 241–244). Melbourne, Australia,
- Reichardt, C. (1986). Zum Einfluß von Video-Instruktion und Video-Feedback auf das sensomotorische Lernen. In H. Letzelter, W. Steinmann & W. Freitag (Hrsg.), *Angewandte Sportwissenschaft. 7. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft vom 25. bis 27. September 1985 in Mainz* (DVS-Protokolle, Nr. 21, S. 325–332). Clausthal-Zellerfeld: DVS.
- Reinschmidt, C. & Bachmann, A.A. (2008). *Schwimm-Training. Mehr als nur Bahnen ziehen; 60 neue Spiel- und Übungsformen*. Mülheim an der Ruhr: Verl. an der Ruhr.

- Reischle, K. (1988). *Biomechanik des Schwimmens*. Bockenem: Sport-Fahnenmann-Verlag.
- Reischle, K. & Kandolf, W. (2015). *Wege zum Topschwimmer - Band 1. Schwimmmarten lernen und Grundlagen trainieren* (1. Aufl.). Schorndorf, Württ: Hofmann.
- Reischle, K. & Spikermann, M. (1992). Purpose-Oriented Biomechanical Analysis of Swimming Technique. In H. Haag & R. Ballreich (Hrsg.), *Sport science in Germany. An interdisciplinary anthology* (S. 163–222). Berlin: Springer.
- Reiser, M., Panzer, S. & Müller, H. (2002). Zur Arbeit im Videolabor - hochschuldidaktische, trainingspraktische, forschungsspezifische Anforderungen und technische Möglichkeiten. In H. Altenberger (Hrsg.), *Medien im Sport* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 136, S. 241–259). Schorndorf: Hofmann.
- Rejman, M., Bilewski, M., Szczepan, S., Klarowicz, A., Rudnik, D. & Maćkała, K. (2017). Assessing the impact of a targeted plyometric training on changes in selected kinematic parameters of the swimming start. *Acta of bioengineering and biomechanics*, 19 (2), 149–160.
- Ria, B. & Falgariette, G. & Robert, A. (1990). Assessment of the Mechanical Power in Young Swimmer. *Journal of Swimming Research*, 6 (3), 11–15.
- Rians, C.B., Weltman, A., Cahill, B.R., Janney, C.A., Tippet, S.R. & Katch, F.I. (1987). Strength training for prepubescent males: Is it safe? *The American journal of sports medicine*, 15 (5), 483–489.
- Richardson, A., Jobe, F. & Collins, H. (1980). The shoulder in competitive swimming. *American Journal of Sports Medicine* 8 (3), 159-163.
- Riewald, S.A. (2015). Strength and Conditioning for Performance Enhancement. In S.A. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster* (S. 401–448). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Roberts, A.J., Termin, B., Reilly, M. Pendergast, D. (1991). Effectiveness of biokinetic training on swimming performance in collegiate swimmers. *Journal of Swimming Research*, 7 (3), 5-11.
- Rockmann-Rüger, U. (1991). *Zur Gestaltung von Übungsprozessen beim Erlernen von Bewegungstechniken. Ausgewählte Theorien und experimentelle Befunde*. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Habil.-Schr., 1991/92 (Beiträge zur Sportwissenschaft, 18). Frankfurt am Main: Deutsch.
- Rohrs, D.M., Mayhew, J.L., Arabas, C. & Shelton, M. (1990). The relationship between seven anaerobic tests and swimming performance. *Journal of Swimming Research*, 6 (4), 15–19.
- Rosiana, J.R. (2002). Dry Speed. *Swimming Technique*, 39 (1), 14–19.
- Rouard, A.H. & Billat, R.P. (1990). Influences of sex and level of performance on freestyle stroke: an electromyography and kinematic study. *International journal of sports medicine*, 11 (2), 150–155.
- Rouard, A.H., Aujouannet, Y.A., Hintzi, F. & Bonifazi, M. (2006). Isometric force, tethered force and power ratios as tools for the evaluation of technical ability in freestyle swimming. In J.P. Vilas-Boas, F. Alves & Marques A. (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming X* (S. 249–250). Porto: Portuguese Journal of Sport Science.
- Rovere, G.D. & Nichols, A.W. (1985). Frequency, associated factors, and treatment of breaststroker's knee in competitive swimmers. *The American journal of sports medicine*, 13 (2), 99–104.
- Rowe, P.H. (1979). Colles fracture due to weightlifting. *British journal of sports medicine*, 13 (3), 130–131.
- Rowland, T.W. (2005). *Children's exercise physiology* (2. ed.). Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Rudolph, K. (1999). Altersbezogene Leistungsbeurteilung im Schwimmen. *Leistungssport* (4), 13–17.
- Rudolph, K. (2008). *Lexikon des Schwimmtrainings. Das ABC für Aktive und Trainer* (1. Aufl.). Kassel: Dt. Schwimmverband.
- Rudolph, K., Bußmann, G., Döttling, H.W., Jankowski, A., Jedamsky, A., Lambertz, H., Lamodke, F., Ludewig, B. & Staufenbiel, K. & Spahl, O. (2015). *Nachwuchskonzept Schwimmen 2020. Grundlange- bis Anschluss-training*. unter <http://www.dsv.de/schwimmen/nationalmannschaft/nachwuchskonzeption/>.
- Runhaar, J., Collard, D.C.M., Singh, A.S., Kemper, H.C.G., van Mechelen, W. & Chinapaw, M. (2010). Motor fitness in Dutch youth: differences over a 26-year period (1980–2006). *Journal of science and medicine in sport*, 13 (3), 323–328.
- Rutkowska-Kucharska, A. & Niebudek, T. (1991). Coordination of Movements and the Learning of the Sports Technique. In Daus, Reinhard, Mechling, H., K. Blischke & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. Band 2* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 77, S. 142–145). Schorndorf: Hofmann.
- Ryan, J.R. & Saliccioli, G.G. (1976). Fractures of the distal radial epiphysis in adolescent weight lifters. *The American journal of sports medicine*, 4 (1), 26–27.

- Saavreda, J., Excalante, Y. & Rodriguez, F. (2003). Multidimensional Evaluation of Peripupertal Swimmers: Multiple Regression Analysis Applied to Talent Selection. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 551–556). Saint-Etienne.
- Sacilotto, G.B., Clothier, P.J., Mason, B. & Ball, N. (2014). Variability in coach assessment of technique in front crawl sprint swimming. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 222–226). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Sadowski, J., Mastalerz, A., Gromisz, W. & Niżnikowski, T. (2012). Effectiveness of the Power Dry-Land Training Programmes in Youth Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 32 (-1).
- Sadres, E., Eliakim, A., Constantini, N., Lidor, R. & Falk, B. (2001). The Effect of Long-Term Resistance Training on Anthropometric Measures, Muscle Strength, and Self Concept in Pre-Pubertal Boys. *Pediatric exercise science*, 13 (4), 357–372.
- Sáez de Villarreal, E., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G.G. & Ramos Veliz, R. (2015). Enhancing performance in professional water polo players: dryland training, in-water training, and combined training. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (4), 1089–1097.
- Salmoni, A., Schmidt, R.A. & Walter, C. (1984). Knowledge of Results and Motor Learning: A Review and Critical Reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95 (3), 355–386.
- Salo, D. & Riewald, S.A. (2008). *Complete conditioning for swimming*. [special book/DVD package]. Champaign Ill. u.a.: Human Kinetics.
- Salonia, M.A., Chu, D.A., Cheifetz, P.M. & Freidhoff, G.C. (2004). Upper-body power as measured by medicine-ball throw distance and its relationship to class level among 10- and 11-year-old female participants in club gymnastics. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (4), 695–702.
- Sammoud, S., Nevill, A. M., Negra, Y., Bouguezzi, R., Chaabene, H., & Hachana, Y. (2018). Allometric associations between body size, shape, and 100-m butterfly speed performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(5), 630–637. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07480-1>.
- Sammoud, S., Negra, Y., Chaabene, H., Bouguezzi, R., Moran, J. & Granacher, U. (2019). The Effects of Plyometric Jump Training on Jumping and Swimming Performances in Prepubertal Male Swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 18 (4), 805–811.
- Sander, A., Keiner, M., Wirth, K. & Schmidtbleicher, D. (2013). Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *European journal of sport science*, 13 (5), 445–451.
- Sanders, R.H. (1995). Can skilled performers readily change technique? An example, conventional to wave action breaststroke. *Human movement science*, 14 (6), 665–679.
- Sanders, R. (1996). Breaststroke Technique Variations among New Zealand Pan Pacific Squad Swimmers. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 64–69). London, New York: E & FN Spon.
- Sanders, R. & McCabe, C. (2015). Freestyle Technique. In S.A. Riewald & S. Rodeo (Hrsg.), *Science of swimming faster* (S. 23–50). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Entwicklung eines akustischen Feedbacksystems als ruderspezifisches Trainingsgerät. In D. Link & J. Wiemeyer (Hrsg.), *Sportinformatik trifft Sporttechnologie. 8. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik in Kooperation mit der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie vom 15. - 17. September 2010 in Darmstadt* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 217, S. 55–59). Hamburg: Feldhaus Ed. Czwalina.
- Schiffer, J., Mechling, H. & Igel, C. (2007). *Wörterbuch Bewegungs- und Trainingswissenschaft. Deutsch - Englisch* (Schriftenreihe der Zentralbibliothek der Sportwissenschaften der Deutschen Sporthochschule Köln, 6) (1. Aufl.). Köln: Sportverl. Strauß.
- Schleihauf, R.E. (1979). A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. In J. Terauds & E.W. Bedingfield (Hrsg.), *Swimming III* (S. 70–109). Baltimore: Univ. Park Press.
- Schleihauf, R.E. (1983). Specificity of Strength Training in Swimming: A Biomechanical Viewpoint. In A.P. Hollander & de Groot, G. & Huijing, P.A. (Hrsg.), *IVth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 184–191). Champaign: Human Kinetics.
- Schleihauf, R.E. (1986). Swimming Skill: a review of basic theory. *Journal of Swimming Research*, 2 (2), 11–20.
- Schmidt, R.A. & Lee, T.D. (2005). *Motor control and learning. A behavioral emphasis* (4. ed.). Champaign, Ill.: Human Kinetics.

- Schmidtbleicher, D. (2002). Durchführung und Überprüfung eines Sprungkrafttrainingsblocks bei Leistungsschwimmerinnen. *BISp Jahrbuch 2002*, 147–152.
- Schnabel, G. (1982). Grundlagen und Methodik der sporttechnischen Ausbildung. In D. Harre (Hrsg.), *Trainingslehre. Einf. in d. Theorie u. Methodik d. sportl. Trainings* (S. 194–219). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G., Harre, D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Schnabel, G., Harre, D. & Krug, J. (2016). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf* (3rd ed.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Schneider, R. (2012). *Schwimmen. Wassergewöhnung, Technik und Methodik der 4 Hauptlagen, Starts und Wenden* (1. Aufl.). München: Coppel Sport.
- Scott, M.J. (2001). Bench Marks. *Swimming Technique*, 38 (2), 8–12.
- Scott, M.J. (2018a). Swim Benches - The Coaches' Friend. *Swimming World Magazine*, 59 (6), 30–32.
- Scott, M.J. (2018b). Swim Bench Training and Stroke Technique. *Swimming World Magazine*, 59 (4), 39–41.
- Scully, D. & Carnegie, E. (1998). Observational learning in motor skill acquisition: A look at demonstrations. *The Irish Journal of Psychology*, 19 (4), 472–485.
- Seifert, L., Toussaint, H.M., Alberty, M., Schnitzler, C. & Chollet, D. (2010). Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. *Human movement science*, 29 (3), 426–439.
- Sein, M.L., Walton, J., Linklater, J., Appleyard, R., Kirkbride, B., Kuah, D. & Murrell, G. (2010). Shoulder pain in elite swimmers: primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *British journal of sports medicine*, 44, 105–113.
- Seitz, L.B., Reyes, A., Tran, T.T., Saez de Villarreal, E. & Haff, G.G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 (12), 1693–1702.
- Sengoku, Y., Shimojo, H., Sugimoto, S., Miyaji, C. & Nomura, T. (2008). Effect of Video-Feedback System utilizing SMART system on junior competitive swimmer's motivation and swimming performance. In T. Nomura & B.E. Ungerechts (Hrsg.), *The Book of Proceedings of the 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities* (S. 166–171). Tsukuba: University of Tsukuba.
- Sengoku, Y. & Tsunokawa, T., Kobayashi, K. & Tsubakimoto, S. (2014). Comparison of the training load during high-intensity interval resisted training programmed by different exercise duration. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 328–332). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Servedio, F., Bartels, R., Hamlin, R., Teske, D., Shaffer, T. & Servedio, A. (1985). The effects of weight training, using Olympic style lifts, on various physiological variables in pre-pubescent boys. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17, 288.
- Sharp, R.L., Troup, J.P. & Costill, D.L. (1982). Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 14 (1), 53–56.
- Sharp, R.L., Costill, D.L. & King, D. (1983). *Power Characteristics of swimmers at the 1982 US Senior National Long Course Swimming Championships. Research report*. Colorado Springs, USA: American Swimming Coaches Association.
- Sharp, R.L. (1986). Muscle Strength and Power as Related to Competitive Swimming. *Journal of Swimming Research*, 2 (2), 5–10.
- Sheehan, G., Mickel, H. & Tomczak, G. (1977). *The complete runner* (6. print). Mountain View Calif.: World Publ.
- Shephard, M.E., Pritchard-Peschek, K.R., Skinner, T.L., Bolam, K.A. (2014). Relationship between body composition and competition performance in swimming. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 516–521). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Shimojo, H., Sengoku, Y., Sugimoto, S., Miyaji, C. & Nomura, T. (2008). Development of Video-Feedback System utilizing SMART system – attempt in private swimming club. In T. Nomura & B.E. Ungerechts (Hrsg.), *The Book of Proceedings of the 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities* (160–165). Tsukuba: University of Tsukuba.

- Shimonagata, S., Taguchi, M. & Miura, M. (2003). Effect of swimming power, swimming power endurance and dry-land power on 100m freestyle performance. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 391-396). Saint Etienne.
- Shoulberg, D. (2012). Power Training in the Pool. In D. Hannula & N. Thornton (Hrsg.), *The swim coaching bible* (S. 313-319). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sidaway, B. & Hand, M.J. (1993). Frequency of modeling effects on the acquisition and retention of a motor skill. *Research quarterly for exercise and sport*, 64 (1), 122-126.
- Silva, A.F., Figueiredo, P., Seifert, L., Soares, S., Vilas-Boas, J.P. & Fernandes, R.J. (2013). Backstroke technical characterization of 11-13 year-old swimmers. *Journal of sports science & medicine*, 12 (4), 623-629.
- Silva, A.F., Seifert, L., Sousa, M., Willig, R., Alves, F., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J. & Figueiredo, P. (2014). A multi-analysis of performance in 13- to 15-year-old swimmers: a pilot study. In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 242-248). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Sjölie, A.N. & Ljunggren A. E. (2001). The Significance of High Lumbar Mobility and Low Lumbar Strength for Current and Future Low Back Pain in Adolescents. *Spine*, 26 (23), 2629-2636.
- Skattebo, Ø., Hallén, J., Rønnestad, B.R. & Losnegard, T. (2016). Upper body heavy strength training does not affect performance in junior female cross-country skiers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26 (9), 1007-1016.
- Small, E., McCambridge, T.M., Benjamin, H.J., Bernhardt, D., Brenner, J., Cappetta, C., Congeni, J., Gregory, A., Griesemer, B., Reed, F. & Rice, S. (2008). Strength Training by Children and Adolescents [Policy Statement of the American Academy of Pediatrics]. *Pediatrics*, 121 (4), 835-840.
- Smith, D.J., Norris, S.R. & Hogg, J.M. (2002). Performance Evaluation of Swimmers. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 32 (9), 539-554.
- Smith, R.M. & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports sciences*, 20 (10), 783-791.
- Smit, P.J., Daehne, H.O., Van Wyk, G. & Steyn, E.S. (1979). Interval Training and The Progressive Load Principle in Novice Child Swimmers. In J. Terauds & E.W. Bedingfield (Hrsg.), *Swimming III* (S. 240-249). Baltimore: Univ. Park Press.
- Soncin, R., Mezêncio, B., Ferreira, J.C., Rodrigues, S.A., Huebner, R., Serrão, J.C. & Szmuchrowski, L. (2017). Determination of a quantitative parameter to evaluate swimming technique based on the maximal tethered swimming test. *Sports biomechanics*, 16 (2), 248-257.
- Sortwell, A.D. (2011). Relationship between Stroking Parameters and Leg Movement Quantity in 100 Meter Front Crawl. *International Journal of Exercise Science*, 4 (1), 22-29.
- Spigelman, T., Cunningham, T., Mair, S., Shapiro, R., Uhl, T. & Mullineaux, D. (2009). Motor control patterns in elite swimmers' freestyle stroke during dryland swimming. In A.J. Harrison, R. Anderson & I. Kenny (Hrsg.), *27 International Conference on Biomechanics in Sports (2009)*. Limerick, Ireland: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Stager, J.M., Cordain, L. & Becker, T.J. (1984). Relationship of Body Composition to Swimming Performance in Female Swimmers. *Journal of Swimming Research* 1 (1). 21 - 26.
- Stangl, W. (2020). *Stichwort "Konzentrationsspanne"*. *Lexikon für Psychologie und Pädagogik*. Zugriff am 11. Juni 2020 unter <https://lexikon.stangl.eu/6553/konzentrationsspanne/>.
- Starek, J. & McCullagh, P. (1999). The Effect of Self-Modeling on the Performance of Beginning Swimmers. *The Sport Psychologist*, 13 (3), 269-287.
- Ste-Marie, D., Law, B., Rymal, A., O, J. Hall, C. & McCullagh, P. (2012). Observation interventions for motor skill learning and performance: an applied model for the use of observations. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. 1-32.
- Steffen, B. & Hahn, A. (2017). Wie hat Britta Steffen das Krafttraining genutzt, um Olympiasiegerin zu werden? In B. Steffen, A. Hahn, M. Hilgner, M. Behringer & D. Strass (Hrsg.), *Kraftvoll ins Wasser. Krafttraining für mehr Erfolg beim Schwimmen* (S. 41-65). Berlin: Springer.
- Stockbrugger, B.A. & Haennel, R.G. (2001). Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (4), 431-438.

- Stolzenberg, H., Kahl, H. & Bergmann, K.E. (2007). Körpermasse bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, 50 (5-6), 659–669.
- Strass, D. (1988). Effects of Maximal Strength Training on Sprint Performance of Competitive Swimmers. In B.E. Ungerechts, K. Wilke & K. Reischle (Hrsg.), *Swimming science V* (S. 149–156). Champaign: Human Kinetics.
- Strass, D. & Wilke, K. (2006). *Masterschwimmen. Für Wettkampf, Fitness & Gesundheit* (Bewegungsraum Wasser). Aachen: Meyer & Meyer.
- Stratton, G., Jones, M., Fox, K.R., Tolfrey, K., Harris, J., Maffulli, N., Lee, M. & Frostick, S.P. (2004). BASES Position Statement on Guidelines for Resistance Exercise in Young People. *Journal of Sport Sciences*, 22 (4), 383–390.
- Stroß, M. & Wiemeyer, J. (2011). Informations- und Kommunikationstechnologien in Training und Wettkampf - eine Untersuchung im Kanuslalom. In D. Link & J. Wiemeyer (Hrsg.), *Sportinformatik trifft Sporttechnologie. 8. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik in Kooperation mit der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Sporttechnologie vom 15. - 17. September 2010 in Darmstadt* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 217, S. 101–105). Hamburg: Feldhaus Ed. Czwalina.
- Stroß, M. & Wiemeyer, J. (2017). Einsatz technischer Hilfsmittel im Techniktraining - Messplatztraining. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Band 200, S. 282–285). Schorndorf: Hofmann.
- Strzała, M. & Tyka, A. (2009). Physical Endurance, Somatic Indices and Swimming Technique Parameters as Determinants of Front Crawl Swimming Speed at Short Distances in Young Swimmers. *Medicina Sportiva*, 13 (2), 99–107.
- Sumi, N., Matsuda, Y., Akashi, K., Tagawa, T. & Nishiwaki, T. (2018). Changes in kinematics induced by fatigue during 200M freestyle. In H. Takagi, Y. Ohgi, Y. Sengoku & T. Gonjo (Hrsg.), *International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. Proceedings: September 17-September 21, 2018 University of Tsukuba* (S. 150–156). Tokyo, [Tokyo]: Impress R & D; Inpuresu (Hatsubai).
- Swaine, I.L. (1997). Time course of changes in bilateral arm power of swimmers during recovery from injury using a swim bench. *British journal of sports medicine*, 31 (3), 213–216.
- Swaine, I. L. & Doyle, G. (1999). Relationships between the mean arm-pulling and leg-kicking power output in semi-tethered and simulated front crawl swimming. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 363–368). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Swaine, I.L. (2000). Arm and leg power output in swimmers during simulated swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (7), 1288–1292.
- Swaine, I. L. & Doyle, G. (2010). The contribution to total power output from the arms and legs using a new whole-body swimming training machine. In P.L. Kjendlie, R.K. Stallman & J. Cabri (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming XI - Abstract Book* (S. 60). Oslo: Norwegian School of Sport Sciences.
- Sweetenham, B. (2012). From Youth to Senior in Competitive Swimming. In D. Hannula & N. Thornton (Hrsg.), *The swim coaching bible* (S. 16–44). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Szymanski, D.J., Szymanski, J.M., Bradford, T.J., Schade, R.L. & Pascoe, D.D. (2007). Effect of twelve Weeks of Medicine Ball Training on High School Baseball Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (3), 894.
- Tanaka, H., Costill, D.L., Thomas, R., Fink, W.J. & Widrick, J.J. (1993). Dry-land resistance training for competitive swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 25 (8), 952–959.
- Tanaka, H. & Swensen, T. (1998). Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training? *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 25 (3), 191–200.
- Tanaka, K. (2009). Virtual Training System Using Visual Feedback for Sport Skill Learning. *International Journal of Computer Science in Sport*, 8 (2), 7–18.
- Tate, A.; Turner, G.; Knab, S.; Jorgensen, C.; Strittmatter, A. & Michener, L. (2012). Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *Journal of Athletic Training*, 47 (2), 149–158.
- Taylor, S., MacLaren, D., Stratton, G. & Lees, A. (2003). The Effects of Age, Maturation and Growth on Tethered Swimming Performance. In J.C. Chatard (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming IX* (S. 185–190). Saint-Etienne.

- Thanopoulos, V., Rozi, G., Hatzilla, E., Dopsaj, M. & Lampadari, V. (2014). Change of critical speed in swimmers aged 10-11 years old. In B. Mason (Hrsg.), *XIIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 332-336). Canberra: Australian Institute of Sport.
- Thng, S., Pearson, S. & Keogh, J.W.L. (2019). Relationships Between Dry-land Resistance Training and Swim Start Performance and Effects of Such Training on the Swim Start: A Systematic Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49 (12), 1957–1973.
- Tijani, J. M., Zouhal, H., Rhibi, F., Hackney, A. C., Ben Ounis, O., Saidi, K., et al. (2019). Relationship between anthropometry and stroking parameters of front crawl sprint performance in young swimmers. *Medicine and Sport*, 72, 355–365. doi: 10.23736/S0025-7826.19.03427-6
- Thow, J.L., Naemi, R. & Sanders, R.H. (2012). Comparison of modes of feedback on glide performance in swimming. *Journal of sports sciences*, 30 (1), 43–52.
- Tonkonogi, M. (2008). Krafttraining für Kinder – Ablehnung oder Zustimmung? *Leistungssport*, 38 (3), 23–27.
- Tor, E., Pease, D.L. & Ball, K.A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of sports sciences*, 33 (13), 1313–1321.
- Tor, E., Pease, D.L. & Maloney, M., Ball, K. & Farrow, D. (2018). Can biomechanical feedback be used to change the underwater trajectory of a swimming start. In H. Takagi, Y. Ohgi, Y. Sengoku & T. Gonjo (Hrsg.), *International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. Proceedings: September 17-September 21, 2018 University of Tsukuba* (S. 157–165). Tokyo, [Tokyo]: Impress R & D; Inpuresu (Hatsubai).
- Toubekis, A.G.,ourgoulis, V. & Tokmakidis, S.P. (2010). Tethered Swimming as an Evaluation Tool of Single Arm-Stroke Force. In P.-L. Kjendlie (Hrsg.), *XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming. Program & book of abstracts* (S. 296–299). Oslo.
- Toussaint, H. M., van der Helm, F. C. T., Elzerman, J. R., Hollander, A. P., de Groot, G., van Ingen Schenau, G. J. (1983). A Power Balance Applied to Swimming. In A.P. Hollander & de Groot, G. & Huijing, P.A. (Hrsg.), *IVth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 165–172). Champaign: Human Kinetics.
- Toussaint, H.M. & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International journal of sports medicine*, 11 (3), 228–233.
- Toussaint, H.M. (1992). Performance determining Factors in Front Crawl Swimming. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming. Swimming science VI* (S. 13–32). London: E & FN Spon.
- Trappe, S. & Pearson, D. (1994). Effects of weight assisted dry-land strength training on swimming performance. *The Journal of strength and conditioning* 8 (4). 209–213.
- Ullrich, B., Alexander, N., Stening, J., Felder, H. & Hökelmann, A. (2014). Veränderungen der Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Rumpfmuskulatur als Folge einer 10-wöchigen kraftausdauerorientierten Trainingsintervention bei Nachwuchsathleten. *Leistungssport*, 44 (3), 12–18.
- Ungerechts, B.E. (2008). Testing motor ability of children related to aquatic space activity – a proposition. In T. Nomura & B.E. Ungerechts (Hrsg.), *The Book of Proceedings of the 1st International Scientific Conference of Aquatic Space Activities* (S. 239–246). Tsukuba: University of Tsukuba.
- Ungerechts, B.E., Volck, G. & Freitag, W. (2009). *Lehrplan Schwimmsport. Schwimmen, Wasserball, Wasserspringen, Synchronschwimmen* (2., überarb. Aufl.). Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Van den Tillaar, R. & Marques, M.C. (2011). A comparison of three training programs with the same workload on overhead throwing velocity with different weighted balls. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (8), 2316–2321.
- Van Houwelingen, J., Willemsen, D.H.J., Kunnen, R.P.J., van Heijst, G.F., Grift, E.J., Breugem, W.P., Delfos, R., Westerweel, J., Clercx, H.J.H. & van de Water, W. (2017). The effect of finger spreading on drag of the hand in human swimming. *Journal of biomechanics*, 63, 67–73.
- VanHeest, J. & Cappaert, J. (2004). Application of Biomedical Principles to the Maturation of Skill in Children. In G.K. Hung & J.M. Pallis (Hrsg.), *Biomedical engineering principles in sports* (Bioengineering, mechanics, and materials, S. 435–450). New York: Kluwer Acad. Plenum Publ.
- Vantorre, J., Vilas-Boas, J.P., Fernandes, R.J., Chollet, D. & Seifert, L. (2014). Inter-individual variability of body angles during swim start: Analysis of preferential and non-preferential techniques for expert swimmers.

- In B. Mason & D. MacLaren (Hrsg.), *XIIIth International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming*. (S. 281–285). Canberra: Canberra Institut of Sports Science.
- Vaso, M., Knechtle, B., Rüst, C.A., Rosemann, T. & Lepers, R. (2013). Age of peak swim speed and sex difference in performance in medley and freestyle swimming – a comparison between 200 m and 400 m in Swiss elite swimmers. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8 (4), 954–965.
- Velez, A., Golem, D.L. & Arent, S.M. (2010). The Impact of a 12-Week Resistance Training Program on Strength, Body Composition, and Self-Concept of Hispanic Adolescents. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (4), 1065–1073.
- Venckunas, T., Emeljanovas, A., Mieziene, B. & Volbekiene, V. (2017). Secular trends in physical fitness and body size in Lithuanian children and adolescents between 1992 and 2012. *Journal of epidemiology and community health*, 71 (2), 181–187.
- Villarreal, E.S.-S. de, Kellis, E., Kraemer, W.J. & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (2), 495–506.
- Volk, G., Freitag, W., Hohmann, A. & Ungerechts, B.E. (2012). *Lehrplan Schwimmsport. Band 2: Vermittlung und Training im Schwimmen*. Schorndorf: Hofmann.
- Vorontsov, A., Binevsky, D., Filonov, A. & Korobova, E. (1999). The impact of individual's maturity upon strength in young swimmers. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 321–326). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Vorontsov, A. & Rumyantsev, V.A. (2000). Resistive Forces in Swimming. In V.M. Zatsiorsky (Hrsg.), *Biomechanics in sport. Performance enhancement and injury prevention* (Encyclopaedia of sports medicine, vol. 9, S. 184–204). Oxford: Blackwell Science.
- Vorontsov, A. (2011). Strength and Power Training in Swimming. In L. Seifert, D. Chollet & I. Mujika (Hrsg.), *World Book of Swimming: Form Science to Performance. Sports and Athletics Preparation, Performance and Psychology* (S. 313-344). New York: Nova Science.
- Vrijens, J. (1978). Muscle Strength Development in the Pre- and Post-Pubescent Age. In J. Borms (Hrsg.), *Pediatric work physiology. With 47 tables* (Medicine and sport, 11, S. 152–158). Basel: Karger.
- Wagner, K. & Krug, J. (1998). Meßplätze und computergestütztes Training - Stand und Entwicklungsanspruch. In J. Mester & J. Perl (Hrsg.), *Informatik im Sport. Bericht über das internationale Symposium vom 12. - 14. Juni 1997 in Köln = Computer science in sport* (Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 1998,5, S. 192–204). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (16., durchgesehene Auflage). Balingen: Spitta.
- Weir, T. & Connor, S. (2009). The use of digital video in physical education. *Technology, Pedagogy and Education*, 18 (2), 155–171.
- Weisenthal, L.M. (2000). Swimmer's Shoulder. *Swimming Technique*, 37 (1), 16–21.
- Weiss, M.R., McCullagh, P., Smith, A.L. & Berlant, A.R. (1998). Observational learning and the fearful child: influence of peer models on swimming skill performance and psychological responses. *Research quarterly for exercise and sport*, 69 (4), 380–394.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C.B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B.R. & Katch, F.I. (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Medicine and science in sports and exercise*, 18 (6), 629–638.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C.B., Strand, K. & Katch, F.I. (1987). The effects of hydraulic-resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *American journal of diseases of children (1960)*, 141 (7), 777–780.
- West, D.J., Owen, N.J., Cunningham, D.J., Cook, C.J. & Kilduff, L.P. (2011). Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (4), 950–955.
- Weston, M., Hibbs, A.E., Thompson, K.G. & Spears, I.R. (2015). Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *International journal of sports physiology and performance*, 10 (2), 204–210.
- Wick, D. (2013). *Biomechanik im Sport. Lehrbuch der biomechanischen Grundlagen sportlicher Bewegung* (3., überarb. und erw. Aufl.). Balingen: Spitta.

- Wiemeyer, J. & Wollny, R. (2017). Technik und Techniktraining. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Band 200, S. 263–291). Schorndorf: Hofmann.
- Wiese-Bjornstal, D.M. & Weiss, M.R. (1992). Modeling effects on children's form kinematics, performance outcome, and cognitive recognition of a sport skill: an integrated perspective. *Research quarterly for exercise and sport*, 63 (1), 67–75.
- Wilke, K. (1992). Analysis of Sprint Swimming: The 50 m Freestyle. In D. MacLaren, T. Reilly & A. Lees (Hrsg.), *Biomechanics and Medicine in Swimming. Swimming Science VI* (S. 33–46). London: E & FN Spon.
- Wilke, K. (2000). Koordinationsfähigkeit im Schwimmsport. In K. Daniel & K. Wilke (Hrsg.), *Bewegung im Wasser - mehr als nur Schwimmen. Symposiumsbericht der 2. Kälner Schwimmsporttage* (S. 99–119). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wilke, K. & Madsen, Ø. (1997). *Das Training des jugendlichen Schwimmers* (Schriftenreihe zur Praxis der Leibeserziehung und des Sports, 171) (3., erw. und verb. Aufl.). Schorndorf: Karl Hofmann.
- Wilke, K. & Madsen, Ø. (2015). *Wege zum Topschwimmer - Band 2. Nachwuchstraining* (1. Aufl.). Schorndorf, Württ: Hofmann.
- Winkler, W. & Schmitz, K.P. (2011). Spielanalysen im Fußball mit Hilfe aktueller Video- und Computertechnologie. *Leistungssport*, 41 (6), 49–51.
- Wirth, K., Hartmann, H., Keiner, M. & Sander, A. (2012). Training der speziellen Kraft, funktionelles und spezifisches Krafttraining - Eine kritische Betrachtung. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 53 (2), 45–72.
- Wirth, K., Schlumberger, A., Zawieja, M. & Hartmann, H. (2013). *Krafttraining im Leistungssport. Theoretische und praktische Grundlagen für Trainer und Athleten* (Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 2012,01) (2., korrig. Auflage). Köln: Sportverlag Strauß.
- Wirtz, W., Wilke, K., Klauck, J. & Langnickel, B. (1996). A Method to Analyze Kinematic Parameters during Crawl Sprint Swimming. In Troup, John P., Hollander, A. P., D. Strasse, S.W. Trappe, J. Cappaert & T.A. Trappe (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming VII* (S. 70–75). London, New York: E & FN Spon.
- Wirtz, W., Bieder, A., Wilke, K., Klauck, J. (1999). Semi-tethered swimming as a diagnostic tool for swimming technique and physical performance. In P.V. Komi, K.L. Keskinen & A.P. Hollander (Hrsg.), *Biomechanics and medicine in swimming* (S. 265–268). Jyväskylä, Finland: University of Jyväskylä.
- Witt, M. (2014). Krafttraining des Schwimmers. In K. Rudolph (Hrsg.), *Hochleistungstraining* (Wege zum Topschwimmer, Bd. 3, S. 156–172). Schorndorf: Hofmann.
- Wolf, B., Ebinger, A., Lawler, M. & Britton, C. (2009). Injury pattern in Division I collegiate swimming. *American Journal of Sports Medicine* 37 (10). 2037-2042.
- Worobjow, A.N. (1984). *Gewichtheben*. Berlin: Sportverlag.
- Wulf, G., Schmidt, R. A. & Deubel, H. (1993). Zum Einfluß der Feedback-Häufigkeit auf das Erlernen von generalisierten motorischen Programmen und Bewegungsparametern. In Daugs, Reinhard, Blichke, K. (Hrsg.), *Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 49, S. 248–253). Sankt Augustin: Academia-Verl.
- Wulf, G. (2007). Attentional Focus and Motor Learning: A Review of 10 Years of Research. *E-Journal Bewegung und Training*, 1–11.
- Yancher, R., Larsen, O. & Bear, C. (1983). Power and Velocity Relationships in Swimming. *Swimming Technique*, 19 (4), 16–18.
- Yang, X.D. (2015). Theoretical study on core strength training and traditional training. In Q. Luo (Hrsg.), *Advances in sports engineering and technology, Volume 1, Sports Engineering and Computer Science. Proceedings of the 2014 International Conference on Sport Science and Computer Science (SSCS 2014), Singapore, 16-17 September 2014 & the 2014 International Conference on Biomechanics and Sports Engineering (BSE 2014), Riga, Latvia, 24-25 October, 2014* (79-8210.1123/ijssp.2013-0488). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Yeater, R.A., Martin, R.B., White, M.K. & Gilson, K.H. (1981). Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. *Journal of biomechanics*, 14 (8), 527–537.
- Yu, C.C.W., Sung, R.Y.T., So, R.C.H., Lui, K.-C., Lau, W., Lam, P.K.W. & Lau, E.M.C. (2005). Effects of Strength Training on Body Composition and Bone Mineral Content in Children Who Are Obese. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (3), 667.

- Zampagni, M.L., Casino, D., Visani, A., Martelli, S., Benelli, P., Marcacci, M. & Vito, G. de. (2006). Influence of age and hand grip strength on freestyle performances in master swimmers. In H. Schwameder, G. Strutzenberger, V. Fastenbauer, S. Lindinger & E. Müller (Hrsg.), *24 International Symposium on Biomechanics in Sports (2006)* (S. 1–4). Salzburg, Austria: Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics.
- Zamparo, P., Pendergast, D.R., Mollendorf, J., Termin, A. & Minetti, A.E. (2005). An energy balance of front crawl. *European Journal of Applied Physiology*, *94* (1-2), 134–144.
- Zaricznyj, B., Shattuck, L.J., Mast, T.A., Robertson, R.V. & D'Elia, G. (1980). Sports-related injuries in school-aged children. *The American journal of sports medicine*, *8* (5), 318–324.
- Zauner, C.W., Maksud, M.G. & Melichna, J. (1989). Physiological Considerations in Training Young Athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *8* (1), 15–31.
- Zetou, E. & Fragouli, M.&T. (1999). The influence of star and self modeling on Volleyball skill acquisition. *Journal of human movement studies*, *37*, 127–143.
- Zetou, E., Kourtesis, T., Getsiou, K., Michalopoulou, M. & Kioumourtzoglou, E. (2008). The Effect of Self-Modeling on Skill Learning and Self Efficacy of Novice Female Beach-Volleyball Players. *Athletic Insight: The Online Journal of Sport Psychology*, *10* (3).
- Zetou, E., Vernadakis, N., Bebetos, E. & Makraki, E. (2012). The effect of self-talk in learning the volleyball 2 service skill and self-efficacy improvement. *Journal of Human Sport & Exercise*, *7*(4), 794-805.
- Zetou, E., Vernadakis, N. & Bebetos, E. (2014). The effect of instructional self-talk on performance and learning the backstroke of young swimmers and on the perceived functions of it. *Journal of Physical Education and Sport*, *14* (1), 27–35.
- Zeuner, A., Findeiß, P., Krause, G., Täufel, T. & Müller, C. (2012). Ergebnisse motorischen Lernens im Sportunterricht - Bewegungskönnen, Lernverlauf (Längsschnitt), Stabilität. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, *53* (1), 83–99.
- Zhang, H.Z. (2015). Technical analysis of Beijing's first elite first baseman. In Q. Luo (Hrsg.), *Advances in sports engineering and technology, Volume 1, Sports Engineering and Computer Science. Proceedings of the 2014 International Conference on Sport Science and Computer Science (SSCS 2014), Singapore, 16-17 September 2014 & the 2014 International Conference on Biomechanics and Sports Engineering (BSE 2014), Riga, Latvia, 24-25 October, 2014* (S. 43–49). Boca Raton, FL: CRC Press.

Anlagenverzeichnis

Anlage 1

Anleitung Technikübungen im Wasser (30 Minuten)

nach Maglischo (2003), Schneider (2012), Wilke & Madsen (1997), Lucero (2010), Beck et al. (2004), Bissig und Gröbli (2004):

- Für jede Wassereinheit (30 Min) sind zwei Übungen plus eine als Puffer angesetzt
- Geschwommen soll mit niedriger Intensität => saubere Technik
- Kurze Erklärung der Übung an Land, bzw. Demonstration an Land, anschließend schwimmen

Armzug: Unterwasserphase

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Abschlagschwimmen mit Pullkick/Pullbuoy (Pk) und ohne (o.)	Bauchlage: Man zieht mit einem Arm, während der andere gestreckt in Vorhalte bleibt. Kommt der ziehende Arm zurück in Vorhalte, beginnt der andere Arm.	4 x 25 m P10“ mit Pk	100
		4 x 25 m P10“ o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
Variation zu 1.	Abschlag wie in Übung 1. Zusätzlich streift der Handrücken über das Gesäß	4 x 25 m P10“ mit Pk	100
2. Ein-Arm Schwimmen (re/li) mit und o. Pk	Bauchlage: Gezogen wird jeweils 25m mit einem Arm. Der andere Arm bleibt in Vorhalte gestreckt	4 x 25 m P10“ im Wechsel re/li mit Pk P15“	100
		4 x 25 m P10“ im Wechsel re/li o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
3. Faustschwimmen mit Pk und ohne	Bauchlage: Anstatt mit offener Hand, wird mit Fäusten geschwommen	4 x 25 m P10“ mit Pk	100
		4 x 25 m P10“ o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
4. Ein-Faust Schwimmen (re/li)	Kombination aus Übung 2 und 3.	4 x 25 m P10“ mit Pk	100
		4 x 25 m P10“ o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
5. Kraularm liegen lassen	Bauchlage: drei Züge Kraul. Anschließend bleibt ein Arm in Streckposition vorne, der andere in Streckposition hinten. Aktive Beine. Zählen: 21,22,23. Wieder drei Züge etc. Kraftvoll Unterwasserphase!	4 x 25 m P10“	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100

Armzug: Überwasserphase

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Kraul an der Leine m. PK	Geschwommen wird nahe an der Leine (Schulter berührt fast die Leine). Hoher Ellbogen bei der Rückholphase und sauberes Eintauchen.	2 x 50 m P5" mit Pk Leine re	100
		2 x 50 m P5" mit Pk Leine li	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
2. Fingergleiten übers Wasser m. Pk	Schwimmen mit PK. Während der Recovery gleiten die Finger über die Wasseroberfläche. Hoher Ellbogen!	2 x 50 m P5" mit Pk	100
		2 x 50 m P5" o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
3. Daumen am Körper	Während der Recovery wird der Daumen am Körper nach vorne geführt. Hoher Ellbogen!	2 x 50 m P5" mit Pk	100
		2 x 50 m P5" o. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
4. Ohr Stopp Übung	Kraulschwimmen mit PK. Auch hier wird der hohe Ellbogen während der Recovery trainiert. Daumen wird während der Recovery zum Ohr gebraucht und kurz verzögert/gestoppt.	2 x 50 m P5" m. Pk	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100

Beinschlag:

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Beinschlag mit Brett & Flossen	Schwimmbrett in Vorhalte. Kraulbeinschlag mit Flossen	2 x 50 m P5" mit Brett & Flossen 2 x 50 m P5" mit Brett & o. Flossen	100 100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
2. Beinschlag in Seitenlage	Unterer Arm gestreckt, oberer Arm eng am Körper anliegend.	4 x 25 m P5" mit Flossen 4 x 25 m P15" o. Flossen	100 100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
3. Beinschlag unter Wasser	Gestreckte Armhaltung und Kraulbeinschlag unter Wasser. 5-6 Kicks dann atmen. Anschließend wieder Kicks u. Wasser	8 x 25 m P20"	200
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
4. Beinschlag mit angelegten Armen	Bauchlage: Die Arme bleiben eng am Körper angelegt.	4 x 25 m P15"	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
5. Beinschlag an der Wand	Hände sind an der Wand. Kraulbeinschlag (technisch sauber, keine Maximalbelastungen)	Belastung ca. 20s P15" 4 Wiederholungen	-
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100

Anlage 2

Starts/Wenden/Gleiten (30 Minuten)

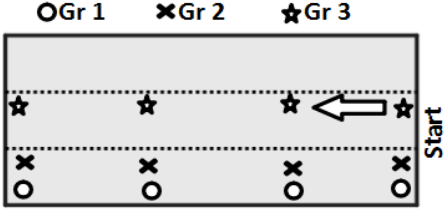
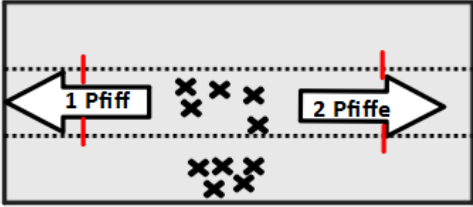
Hinweise: Verbesserung des Starts, der Wenden und des Tauchverhalten

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Start mit Startsignal Erklärung durch Athletenpräsentation für die Bewegungsvorstellung Gala	Start, Unterwasserphase und schwimmen bis 10 m 2 x Kraul 2 x Brust Ganze Lage Kraul	4 x 10 m 2 x 50 m P10"	40 100
2. Wende Erklärung durch Athletenpräsentation verwenden für die Bewegungsvorstellung Gala	Kraulrollwende Anschwimmen Wende, sauberer Abstoß und Gleitlage 7 Durchgänge Ganze Lage Kraul	7 x 15 m P15" 2 x 50 m P10"	100 100
3. Gleiten Gala	Abstoß, Gleiten, Bahn zu Ende schwimmen. Unterschiedliche Gleitvarianten sollen erprobt werden: a) Arme ausgestreckt (Flugzeug) b) Beine ausgestreckt c) Arme u. Beine geschlossen, Arme in Gleitlage! Ganze Lage Kraul	3 x 25 m P10" 2 x 50 m P10"	75 100
4. Variation zu 3. Gala	Abstoß, Gleiten, Bahn zu Ende schwimmen. Trainer korrigiert und verbessert. Ganze Lage Kraul	6 x 25 m P 10" 2 x 50 m P10"	150 100
5. 50 m mit sauberer Technik	Startsprung, 25m, saubere Wende, 25m	2 x 50 m P30"	100

Grundschnelligkeit (10-15 Minuten)

Hinweise:

- Für die Schnelligkeitsübungen werden ca. 10 bis 15 Minuten benötigt
- Maximale Schwimmgeschwindigkeit (V_{max}) über maximal 6 Sekunden!
- Die Spiele 3 und 4 dienen der Grundschnelligkeit, sollen gleichzeitig motivierend wirken.

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. 10-15 m Kraul in ganzer Lage mit Startsprung und Startsignal (Pfiff)	10-15 m Kraul mit V_{max} und Startsprung. Bei 15m aus dem Becken und langsam zurück zum Start gehen!	7 x 15 m P15"	100
Variation zu 1. Gala	Start aus dem Wasser! Ganze Lage Kraul	7 x 15 m P15" 2 x 50 m P10"	100 100
2. 10-15 m Nebenlage mit Startsprung und Startsignal	10-15m Nebenlage mit V_{max} und Startsprung. Bei 15m aus dem Becken und langsam zurück zum Start gehen!	7 x 15 m P15"	100
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
3. Schnelligkeitsstaffel	3 bis 4 Gr. (faire Teams!) Positionierung wie auf der Abb.. Startpfiff, Kraulsprint mit V_{max} bis zum Kollegen, Handabschlag. Anschließend wieder zurück.	4 x 6 m 2 Durchgänge	25
			
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
Variation zu 3	Selbe Übung wie bei 3. aber mit Pullkick als „Staffelholz“	4 x 6 m	25
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100
4. Pfiff-Spiel	Schwimmer in der Mitte des Beckens (s. Abb.) 1 Pfiff: schw nach links mit V_{max} 2 Pffiffe: schw. Nach rechts mit V_{max} Sw. Bis Leinenmarkierung	8 x 6 m P15"	50
			
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10"	100

Ausdauer (30 Minuten)

Hinweise: Staffelspiele sollen die aerobe Ausdauer entwickeln.

Übung	Beschreibung	Programm	Meter
1. Aerobe Ausdauer	Kraul mit moderater Geschwindigkeit	5 x 100 m P30“	500
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
2. Kraulpendelstaffel	Geschwommen werden 25m. Nach Anschlag startet der Kollege	2 x 25m 2 Durchgänge	50
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
3. Kick-mit Brett	100m Beinschlag mit Kraulbeinschlag. Es sind immer 3 Schwimmer auf eine Bahn. Entweder Schwimnudel quer, oder die Schwimmbretter sollen auf gleicher Höhe bleiben. (Teamwettkampf)	2 x 100 m P120“	200
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
4. Arm- und Beinkönig	400 m Kraul(100Arme,100 Beine, 100 Arme, 100Beine). Sekundenbonus für jüngere Schwimmer. 1 Jahr jünger: -1 Sek.	400 m	400
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
5. Variation zu 4.	Einzelne Wettkämpfe 200 Arme, 200 Beine 2 Sieger werden ermittelt	2 x 200 m p120“	400
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
6. Zeitschätzstaffel Kraul	Jede Staffelgruppe gibt eine geschätzte Endzeit an, wer am nächsten dran ist, gewinnt!	400	400
Gala	Ganze Lage Kraul	2 x 50 m P10“	100
7. Biathlonstaffel	20 m, Wurf mit Ball auf Hütchen (auf dem Startblock), anschließend wieder zurück und Abschlag mit Kollegen 1 Pkt für die meisten Gesamttreffer + 1 Pkt für die schnellste Staffel	40 m	40

Anlage 3



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

Gesamtleitung: Prof. Dr. Andreas Hohmann

Team: Rüdiger Schneider
Telefon: 0176-80088214
Email: ruediger.schneider17@gmail.com

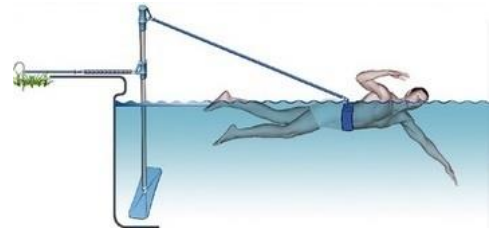
Team: Sandra Ficher
Telefon: 0151-165 321 78
Email: sandra.ficher@uni-bayreuth.de

08.09.2018

Liebe Eltern,

ab Mitte September führt die Universität Bayreuth eine Studie mit Kindern im Alter von 7 bis 10 Jahren durch. Wir möchten herausfinden, was Kindern dabei hilft, die Schwimmtechnik besser oder schneller zu lernen. Die richtige Schwimmtechnik ist nicht nur im Wettkampf wichtig, sondern kann in Notsituationen vor dem Ertrinken retten.

Zusätzlich zu einer 9-wöchigen Trainingsphase durchlaufen die Kinder drei Tests (Anfangs-, Zwischen- und Ausgangstest) in Form von „tethered-“ und „semi-tethered swimming“. Bei dieser Methode schwimmen die Kinder sechs Sekunden (tethered) bzw. zehn Meter (semi-tethered) an einem Seil (siehe Abbildung). Es können dabei Kraftwerte ausgewertet werden, die Aufschluss auf die Schwimmtechnik liefern.



Des Weiteren wird die Schwimmtechnik der Kinder während der drei Messzeitpunkte gefilmt, um Aussagen über eine mögliche Verbesserung treffen zu können. Während der 8-wöchigen Trainingsphase trainieren die Kinder neben dem herkömmlichen Techniktraining im Wasser (30 Min) je nach Gruppe folgendes Training (30 Min):

- Gruppe 1: Kraftausdauerzirkel Vortriebsmuskulatur (Therabänder, Körpergewicht, Zugseile)
- Gruppe 2: Kraftausdauerzirkel Rumpfkraft (Körpergewicht, Medizinbälle)
- Gruppe 3: Videofeedback (Videoinstruktion, Soll-Istwert-Präsentation)
- Gruppe 4: Schwimmtraining im Wasser (Starts, Wenden, Ausdauer)

Die Kinder werden bei allen Tests und Trainingsphasen von geschultem Personal beaufsichtigt. Außerdem ist es notwendig, dass die Kinder regelmäßig an dem Training teilnehmen. Nur so kann die Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen sichergestellt und hilfreiche Erkenntnisse aus der Studie ermittelt werden.

Bitte teilen Sie mit dem nachfolgenden Antwortabschnitt oder per Email (siehe oben) mit, ob Ihr Kind an dieser Untersuchung teilnehmen wird. Bei Fragen können Sie sich gerne per E-Mail oder Telefon bei uns melden.

Mit freundlichen Grüßen

Rüdiger Schneider

Sandra Ficher

Antwortabschnitt

Mein/e Sohn/Tochter _____ , geboren

am _____ schwimmt in folgendem Verein: _____

und

<input type="checkbox"/>	darf an dieser Untersuchung teilnehmen.
<input type="checkbox"/>	wird nicht an dieser Untersuchung teilnehmen.

Ort, Datum

Unterschrift