

# Exposé

**Christian Roth**

Institut für Sportwissenschaften

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Betreuer der Dissertation: Jun.-Prof. Dr. Dr. Michael Behringer

07.05.2019

**Vorläufiger Dissertationstitel:**

## Energierestriktion und Trainingsvolumen: Implikationen für den Muskelerhalt von fortgeschrittenen Athleten mit Krafttrainingserfahrung (*kumulativ*)

**Hintergrund:** Um das Verhältnis zwischen Muskel- und Fettmasse zu verbessern, werden in verschiedenen Sportarten temporäre Phasen einer Energierestriktion genutzt (im engeren Sinne: „Diät“; Helms et al., 2015). Ziel einer solchen energierestriktiven Phase ist eine Fettreduktion mit bestmöglichem Erhalt von Muskelmasse (Artioli et al., 2010), terminiert als „high-quality weight loss“ (Churchward-Venne et al., 2013). Dieser wirkt für viele Sportarten, beispielsweise „weight-sensitive“ (Ausdauersportarten), „weight-class“ (Kampfsportarten) oder „aesthetically judged“ (Turnen bzw. Bodybuilding; Sundgot-Borgen et al., 2013) leistungsdeterminierend: so kann gehaltene Muskulatur die Leistungsfähigkeit erhöhen (Power-to-Mass Ratio; James et al., 2018; Maughan, Watson, & Weir, 1983; O'Connor, Olds, & Maughan, 2007) und schließlich zu einer gesteigerten Wahrscheinlichkeit von sportlichem Erfolg führen (Slater et al., 2005).

Leider wird ein solch „qualitativ-hochwertiger“ Gewichtsverlust oft nicht erreicht, sodass die Leistungsfähigkeit der Sportler nachhaltig eingeschränkt wird (Fogelholm, 1994; Mettler, Mitchell, & Tipton, 2010; Wilson et al., 2014).

**Voraussetzungen für den Erhalt von Muskelmasse:** Der Erhalt von Muskelmasse ist durch das dynamische Verhältnis von Proteolyse (PB) und Proteinsynthese (MPS) bestimmt. Um Muskulatur während einer Diät zu halten ist es daher essentiell, das Verhältnis von MPS und PB anzunähern und, bestenfalls, eine ausgeglichene Nettoproteinbilanz zu erreichen (Proteolyse = Synthese).

**Einflussvariablen:** Das Verhältnis von MPS und PB wird multifaktoriell beeinflusst. Die Hauptfaktoren sind dabei die Höhe des Kaloriendefizits (Donnelly, Jakicic, & Gunderson, 1991), die Makronährstoffverteilung und Proteinmenge (Longland et al., 2016) sowie sportliche Betätigung, insbesondere Krafttraining (RT; Areta et al., 2014), und Schlaf (Goldenberg & Barkan, 2007).

Unter Verweis auf Abbildung 1 stellen sich **Ernährung** sowie äußere Belastungsreize (**Training**) als wesentliche Determinanten des Muskelmassenerhalts dar.

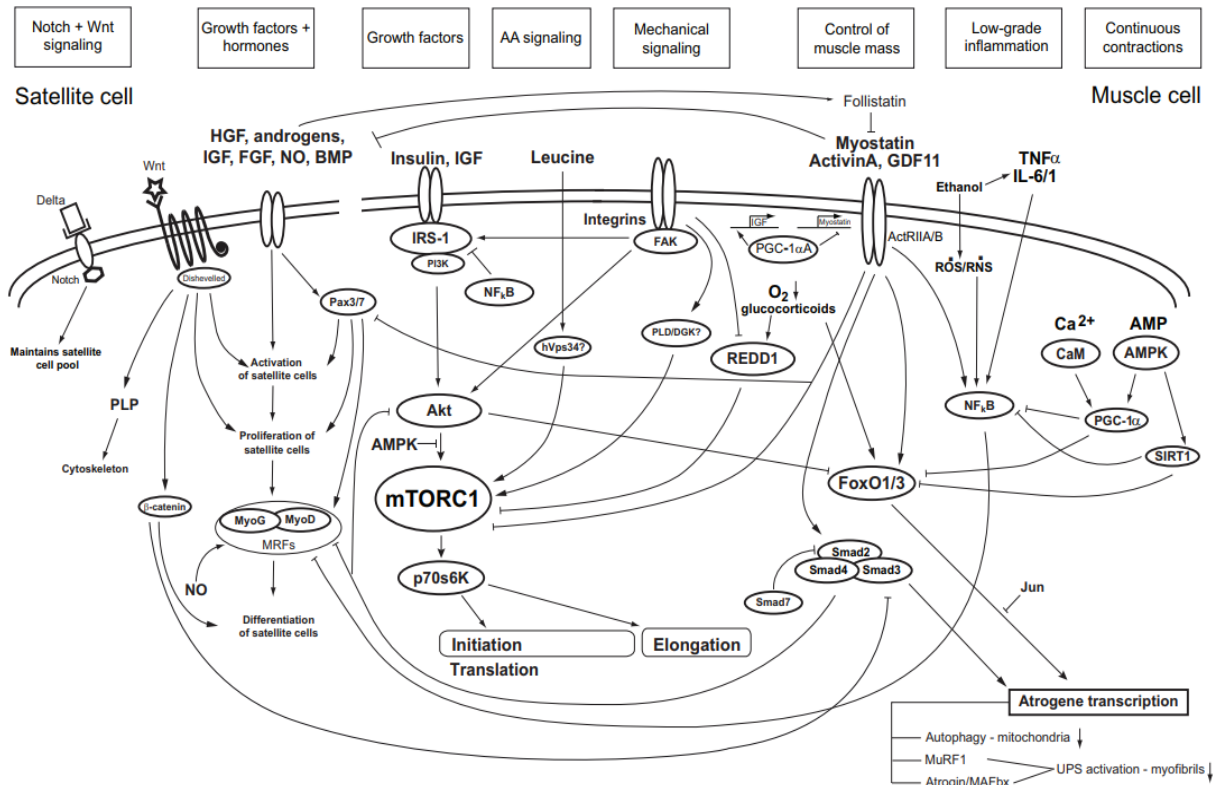


Abb. 1: Signalwegsübersicht über Einflussfaktoren der Muskelmassenregulation (Hoppeler, 2016).

In **Ernährungsperspektive** hat die Höhe der Kalorienrestriktion einen wesentlichen Einfluss auf den Muskelmassenerhalt. Diese ist als größter Gegenspieler der MPS zu nennen, welcher Einfluss auf intrazelluläre Signalwege nimmt, d.h. anabole Signalwege durch verringerte Nährstoffzufuhr abschwächt (bspw. PI3K-Akt-mTORC1) und gleichermaßen katabole Signalwege (bspw. Ubiquitin-Proteasom-System) durch eine verringerte Insulinausschüttung schwächer inhibiert. Eine proteinbetonte, insbesondere leucinreiche, Ernährung könnte somit über eine direkte mTORC1 Aktivierung durch den LAT1-Transporter (Human L-type amino acid) einem Muskelmassenverlust entgegenwirken.

Durch **Training** wirken äußere Belastungsreize (im Sinne der Belastungsnormative Volumen, Intensität, Frequenz, Pausenzeit, usw.) auf die Muskulatur und tragen zu einer Anpassungsreaktion dieser bei. Wird eine diätspezifische Ernährung gewährleistet, wirken Krafttrainingsreize synergistisch anabol und anti-katabol auf den Erhalt von Muskulatur. So kann dies bspw. zu einer stärkeren mTORC1 (etwa über ERK, MAPK, Akt, Calcineurin oder Phospholipase D) sowie p70<sup>s6k</sup> Aktivierung führen, was wiederum zu einer verstärkten Synthese von ribosomalen Proteinen führt.

Mit Blick auf die Belastungsnormative erscheint besonders das Belastungsvolumen, definiert als Gesamtheit der auf den Körper wirkenden Reize, essentiell für den Muskelmassenerhalt unter hypokalorischen Bedingungen. So zeigt sich beispielsweise, dass die MAPK-Aktivierung volumenabhängig ist (Hulmi et al., 2012).

In praktischer Perspektive bleibt jedoch weiterhin unklar, wie Volumen unter hypokalorischen Bedingungen bei fortgeschrittenen Athleten mit Kraftsportererfahrung zu applizieren ist, besonders im Hinblick auf die verschlechterte Regeneration nach hochintensiven Belastungen.

**Vorgehen:** Die Dissertation wird *kumulativ* angefertigt. Sie wird voraussichtlich aus 3 Teilen bestehen. (vgl. zur graphischen Übersicht Abb. 2):

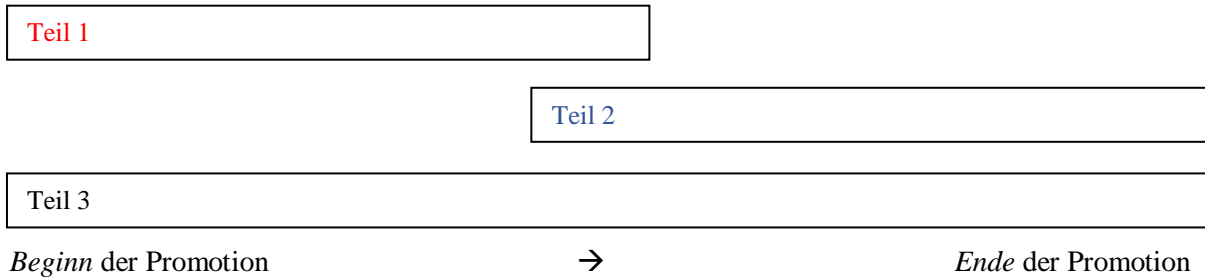


Abb. 2: Graphischer Ablaufplan der Studien in zeitlicher Perspektive.

**1. Teil:** Randomisierte, kontrollierte Studie mit Fokus auf **Ernährungseinflüsse** bei non-RT Personen (vgl. Tab. 1).

Die erste Studie steht unter der Leitfrage „Verändert sich die Muskelmasse in einer sportlichen Population durch proteinbetonte Energierestriktion ohne zusätzliches Krafttraining?“. Hierbei wird auf Sportler (bspw. Ausdauer- oder Kampfsportler) zurückgegriffen, da bisherige Literatur inkonklusiv ist, ob oder inwieweit Muskelmassenverluste bei aktiven Individuen zu erwarten sind, wenn lediglich eine moderate Energierestriktion unter Beachtung des „Energy Availability Thresholds“ (Fagerberg, 2018) durchgeführt wird.

Tab. 1: AV und UV im Studiendirektvergleich

	Studie 1		Studie 2	
Dauer	7 Wochen		7 Wochen	
	Gruppe 1 (IV)	Gruppe 2 (KG)	Gruppe 1 (IV)	Gruppe 2 (KG)
Energie	30 kcal/kg <sup>-1</sup>	45 kcal/kg <sup>-1</sup>	30 kcal/kg <sup>-1</sup>	30 kcal/kg <sup>-1</sup>
Protein	2.8g/kg FFM	2.8g/kg FFM	2.8g/kg FFM	2.8g/kg FFM
Training	-	-	HV-RT	MV-RT
BIA	MM	MM	MM	MM
POMS	Stimmung	Stimmung	Stimmung	Stimmung
PSQI	Schlaf	Schlaf	Schlaf	Schlaf
Myoton	Kontraktile E.	Kontraktile E.	Kontraktile E.	Kontraktile E.
TMG			Kontraktile E.	Kontraktile E.
MRT			MM	MM

**Legende:** AV = abhängige Variable; UV = unabhängige Variable; IV = Intervention; KG = Kontrolle; HV = High-Volume; MV = Moderat-Volume; RT = Resistance Training; MM = Muskelmasse; E = Eigenschaften; FFM = fettfreie Masse; BIA = bioelektrische Impedanzanalyse; POMS = Profile of Mood States; PSQI = Pittsburgh Schlafqualitätsindex; TMG = Tensiomyographie

Unklar ist ferner, wie sich etwaige Veränderungen der Körperkomposition in zeitlicher Perspektive manifestieren. Um dies adäquat zu testen, werden die Sportler auf 2 Gruppen randomisiert: Eine Gruppe ernährt sich hypokalorisch, während sich die Kontrollgruppe isokalorisch ernährt. Um die Moderatoreffekte der hohen Proteinzufuhr zu kontrollieren, wird diese über beide Gruppen gleichgehalten und mittels Ernährungstagebuch überprüft. Pro Messtermin wird jeweils die Körperkomposition mit der BIA erfasst. Im zweiwöchigen Rhythmus erfolgen zumal die Messungen mit POMS, PSQI und Myoton.

**2. Teil:** Randomisierte, kontrollierte Studie mit Fokus auf **Krafttrainingsreize** (vgl. Tab. 1).

Die zweite Studie steht unter der Leitfrage „Kann hohes Volumen zu einem besseren Muskelmassenerhalt bei fortgeschrittenen Athleten mit Krafttrainingserfahrung im Vergleich zu moderatem Volumen beitragen?“. Im zweiten Teil wird, im Gegensatz zu Studie 1, auf fortgeschrittene Kraftsportler mit Krafttrainingserfahrung zurückgegriffen, da Anfänger wahrscheinlich sowohl bei hohem als auch bei moderatem Volumen mit nahezu vollständig gehaltener Muskelmasse reagieren würden. Während beide Gruppen sich während der zweiten Studie bei  $30\text{kcal/kg}^{-1}$  sowie  $2.8\text{g Protein/kg}$  fettfreier Masse ernähren, wird das Training variiert (hohes vs. moderates Volumen). Neben den Merkmalen aus Studie 1, wird zusätzlich das TMG implementiert und, voraussichtlich, zusätzlich mit einem MRT gescannt.

**3. Teil:** Review der bisherigen Literatur zum Thema Muskelmassenerhalt während einer Energierestriktion (Fokus wird auf Muskelmassenerhalt von fortgeschrittenen Kraftsportlern und der möglichen Rolle von Krafttrainings-Volumen gelegt)

### **Ziel(e)**

- Entwicklung von Volumen- und Trainingsempfehlungen für Athleten mit Krafttrainingserfahrung als auch für die generelle Sportpraxis (olympische Sportarten usw.) während einer Kalorienrestriktion
  - Klärung der Frage, ob Sportler ohne Krafttrainingserfahrung allein durch eine adäquate, hypokalorische Ernährung die Muskelmasse erhalten können (Studie 1)
  - Klärung der Frage, ob hohes Volumen zu einem höheren Muskelmassenerhalt führt (Studie 2)
- Populations- und themenübergreifend:
  - Übergewicht und Adipositas: Verhindern eines Jojo-Effekts durch gehaltenen Grundumsatz (Maclean et al., 2011)
  - Verringerung von negativen gesundheitlichen Auswirkungen (Burke et al., 2018)

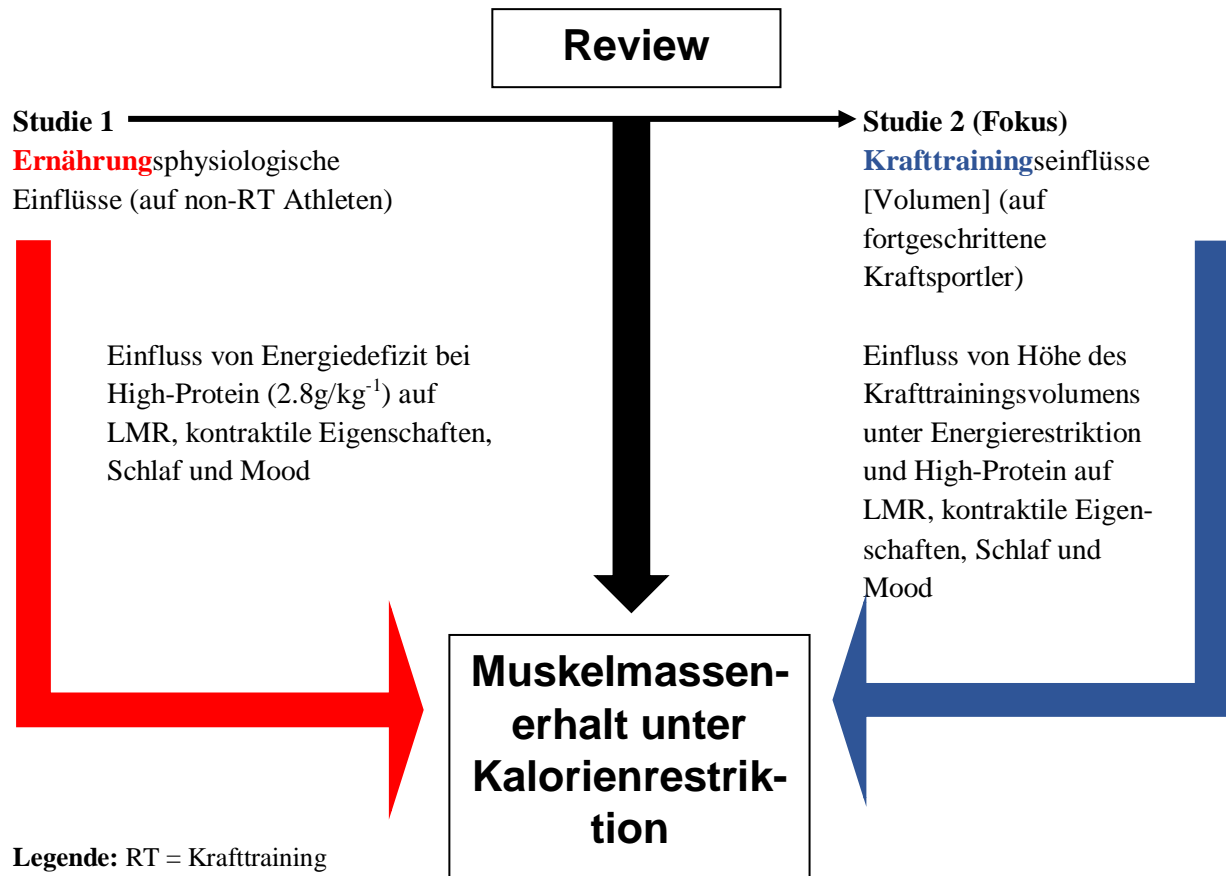


Abb. 3: Graphischer Überblick über den thematischen Aufbau der kumulativen Dissertation.

## Literatur

- Areta, J. L., Burke, L. M., Camera, D. M., West, D. W. D., Crawshay, S., Moore, D. R., . . . Coffey, V. G. (2014). Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 306(8), E989-97. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00590.2013>
- Artioli, G. G., Iglesias, R. T., Franchini, E., Gualano, B., Kashiwagura, D. B., Solis, M. Y., . . . Lancha Junior, A. H. (2010). Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sports Sciences*, 28(1), 21–32. <https://doi.org/10.1080/02640410903428574>
- Burke, L. M., Close, G. L., Lundy, B., Mooses, M., Morton, J. P., & Tenforde, A. S. (2018). Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 364–374. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2018-0182>
- Carbone, J. W., McClung, J. P., & Pasiakos, S. M. (2019). Recent Advances in the Characterization of Skeletal Muscle and Whole-Body Protein Responses to Dietary Protein and Exercise during Negative Energy Balance. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 10(1), 70–79. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy087>
- Churchward-Venne, T. A., Murphy, C. H., Longland, T. M., & Phillips, S. M. (2013). Role of protein and amino acids in promoting lean mass accretion with resistance exercise and attenuating lean mass loss during energy deficit in humans. *Amino Acids*, 45(2), 231–240. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1506-0>
- Donnelly, J. E., Jakicic, J., & Gunderson, S. (1991). Diet and body composition. Effect of very low calorie diets and exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 12(4), 237–249. <https://doi.org/10.2165/00007256-199112040-00003>
- Fagerberg, P. (2018). Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 385–402. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2016-0332>
- Fogelholm, M. (1994). Effects of bodyweight reduction on sports performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 18(4), 249–267. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418040-00004>

- Goldenberg, N., & Barkan, A. (2007). Factors regulating growth hormone secretion in humans. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 36(1), 37–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2006.11.003>
- Helms, E. R., Fitschen, P. J., Aragon, A. A., Cronin, J., & Schoenfeld, B. J. (2015). Recommendations for natural bodybuilding contest preparation: Resistance and cardiovascular training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(3), 164–178.
- Hoppeler, H. (2016). Molecular networks in skeletal muscle plasticity. *The Journal of Experimental Biology*, 219(Pt 2), 205–213. <https://doi.org/10.1242/jeb.128207>
- Hulmi, J. J., Walker, S., Ahtiainen, J. P., Nyman, K., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2012). Molecular signaling in muscle is affected by the specificity of resistance exercise protocol. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(2), 240–248. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01198.x>
- James, L. P., Gregory Haff, G., Kelly, V. G., Connick, M. J., Hoffman, B. W., & Beckman, E. M. (2018). The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(5), 1494–1505. <https://doi.org/10.1111/sms.13045>
- Longland, T. M., Oikawa, S. Y., Mitchell, C. J., Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2016). Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: A randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 738–746. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.119339>
- Maclean, P. S., Bergouignan, A., Cornier, M.-A., & Jackman, M. R. (2011). Biology's response to dieting: The impetus for weight regain. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 301(3), R581-600. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00755.2010>
- Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 338, 37–49.
- Mettler, S., Mitchell, N., & Tipton, K. D. (2010). Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(2), 326–337. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b2ef8e>
- Moher, D., Schulz, K. F., & Altman, D. G. (2001). The CONSORT statement: Revised recommendations for improving the quality of reports of parallel group randomized trials. *BMC Medical Research Methodology*, 1(1), 408. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-1-2>
- O'Connor, H., Olds, T., & Maughan, R. J. (2007). Physique and performance for track and field events. *Journal of Sports Sciences*, 25 Suppl 1, S49-60. <https://doi.org/10.1080/02640410701607296>
- Slater, G. J., Rice, A. J., Mujika, I., Hahn, A. G., Sharpe, K., & Jenkins, D. G. (2005). Physique traits of lightweight rowers and their relationship to competitive success. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 736–741. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.015990>
- Sundgot-Borgen, J., Meyer, N. L., Lohman, T. G., Ackland, T. R., Maughan, R. J., Stewart, A. D., & Müller, W. (2013). How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *British Journal of Sports Medicine*, 47(16), 1012–1022. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092966>
- Ward, W. E., Chilibeck, P. D., Comelli, E. M., Duncan, A. M., Phillips, S. M., Robinson, L. E., & Stellingwerff, T. (2019). Research in nutritional supplements and nutraceuticals for health, physical activity, and performance: Moving forward 1. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 1–6. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0781>
- Wilson, G., Hawken, M. B., Poole, I., Sparks, A., Bennett, S., Drust, B., . . . Close, G. L. (2014). Rapid weight-loss impairs simulated riding performance and strength in jockeys: Implications for making-weight. *Journal of Sports Sciences*, 32(4), 383–391. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.825732>



Inter-vention	Dauer	1+6 Wochen	Dauer	1+6 Wochen
-Ernährung-	Kaloriendefizit	30 kcal/kg <sup>-1</sup> vs. 45 kcal/kg <sup>-1</sup>	Kaloriendefizit	30 kcal/kg <sup>-1</sup> vs. 45 kcal/kg <sup>-1</sup>
	Proteinmenge	2.8g/kg <sup>-1</sup>	Proteinmenge	2.8g/kg <sup>-1</sup>
	Ernährungsform	HCLF, 4 Mahlzeiten	Ernährungsform	HCLF, 4 Mahlzeiten
-Training-	Kein RT	Fortführung der „Haussportarten“ ohne vorgegebene Intensität + Volumen	RT	Moderat-Volume vs. High-Volume
			Aerobes Training	-
predicted, primary outcome (Muskelmasse)	<p>Diät vs. EU-KG</p>		<p>Hypo-MV vs. -HV</p>	
	Weitere Merkmale, inkl. Standardisierung und Messzeitpunkte	Ernährungs- und Trainings-tagebuch Tägl. Wiegen, BIA (portable), Myoton, Mood (POMS), Schlafqualität PSQI	Weitere Merkmale	Ernährungs- und Trainings-Tagebuch, Tägl. Wiegen, MRT (Pre + Post), Ultraschall (Pre + Mid + Post), BIA, Myoton, Tensiomyographie, Dynamometer isometrisch -“-“, Mood (POMS) -“-“, Schlafqualität (PSQI; alle 4 Wochen)
Nachträgliche Kontrolle	Weitere UVs	KFA Schlaf Kaloriendefizit Gruppierung der Sportarten	Weitere UVs	KFA Schlaf Kaloriendefizit



	Stichproben- größe	N = 28 Power = 0.8 ED = 0.408 a = 0.05	Stichproben- größe	N = 48 (24x2) Power = 0.80 ED = 0.408 a = 0.05
Rando- misierung	Methode Blockrandomisie- rung inkl. Parallelisierung	Equally aligned to the groups using www.randomizer.o rg	Methode Blockrandomisie- rung inkl. Parallelisierung	Equally aligned to the groups using www.randomizer.o rg
Verblin- dung	Nein	-	Ja	Double-blinded protocol (Probanden + Untersucher)
Statistik	Methode	2x5 ANOVA mit wiederholten Messzeitpunkten und anschließenden Post-hoc Tests	Methode	2x3 ANOVA mit wiederholten Messzeitpunkten und anschließenden Post-hoc Tests

**Legende:** LMR = Lean Mass Retention; HP = High-Protein; RT = Resistance Training; KFA= Körperfettanteil;  
A= Alternative; HCLF = High-Carb-Low-Fat; EU = eucaloric; KG = Kontrollgruppe; MV = Moderat-  
Volume; HV = High-Volume