

---

# Regenerative Maßnahmen während und nach intensiven Trainingsphasen

O. Faude, T. Meyer, W. Kindermann, A. Urhausen

Universität des Saarlandes, Saarbrücken  
Institut für Sport- und Präventivmedizin

## 1 Problem

Die Athleten im modernen Hochleistungssport sind immer anspruchsvolleren Belastungen in Training und Wettkampf ausgesetzt. Um möglichen Überlastungszuständen vorzubeugen, ist es von zunehmender Bedeutung, Regenerationsprozesse optimal zu gestalten.

Frühere eigene Untersuchungen konnten zeigen, dass aktives, sportartspezifisches Training die Regeneration unterstützt (z.B. COEN 2002). Es existieren bis dato allerdings keine wissenschaftlichen Untersuchungen zur optimalen Dauer solcher Einheiten. In dieser Studie sollten daher ein- und dreistündige Trainingseinheiten mit einer Intensität entsprechend der aeroben Schwelle hinsichtlich der Unterstützung des Erholungsprozesses verglichen werden.

Eine populäre Hypothese zur Erklärung von Ermüdungszuständen ist die Aminosäuren-Ungleichgewichts-Hypothese. Diese besagt, dass lange und intensive Belastungen zu einer Erhöhung des Verhältnisses von freiem Tryptophan zu verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAA) und einer konsekutiv erhöhten zentralen Serotoninbildung führen. Letztere wird mit Erscheinungen, wie sie im Übertraining zu beobachten sind, in Zusammenhang gebracht (STRÜDER und WEICKER 2001). Daher war die Untersuchung des Einflusses einer Substitution mit BCAA während einer streng kontrollierten Trainingsphase auf Leistungsfähigkeit und Beanspruchungsverhalten ein weiteres Ziel dieser Studie.

## 2 Methode

Insgesamt 15 Radsportler der regionalen Spitzenklasse nahmen an der Studie teil ( $24 \pm 4$  Jahre; individuelle anaerobe Schwelle (IAS, STEGMANN et al. 1981) =  $3,7 \pm 0,4 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $\text{VO}_{2\text{max}} = 69 \pm 9 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Diese absolvierten zunächst ein zweiwöchiges individuell standardisiertes intensives Trainingsprogramm (IT). Vorgabe und Kontrolle der Trainingsintensitäten erfolgten mittels direkter Leistungsmessung am probandeneigenen Rad (SRM). Elf Probanden absolvierten zweimal IT mit anschließend jeweils viertägigem aktivem Regenerationstraining mit einer Intensität entsprechend der aeroben Schwelle, randomisiert entweder täglich eine (REG1) oder drei Stunden (REG3). Sieben Probanden nahmen dabei täglich 14 g BCAA (BCAA) zu sich, acht Athleten erhielten dieselbe Menge

eines Placebo-Präparats (PLAC). Die Gabe erfolgte stratifiziert randomisiert und doppelblind. Vor und nach IT sowie nach REG erfolgten jeweils ein fahrradergometrischer Stufentest (FE, mit IAS-Bestimmung) sowie 2,5 Std. nach FE ein 30-minütiges Zeitfahren (TT, Zielkriterium: Durchschnittsleistung). Venöse Blutentnahmen zur Messung trainingsinduzierter Veränderungen hormoneller und immunologischer Messgrößen fanden vor FE (8 Uhr) sowie vor und nach TT statt. Vor FE wurde zudem die Beanspruchung mittels des „Profile of Mood States“ (POMS) psychometrisch erfasst.

### 3 Ergebnis

IT führte zu keiner signifikanten Veränderung der TT-Leistung (vor IT: 287 W; nach IT: 289 W). Allerdings war eine Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve mit einem signifikanten Anstieg der IAS (+7 W) zu beobachten. Die mittleren Laktat- und Herzfrequenzwerte im Zeitfahren ( $La_{TT}$ :  $-1,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ;  $HF_{TT}$ :  $-6 \text{ min}^{-1}$ ) waren nach IT ebenso erniedrigt wie die Maximalwerte im Stufentest ( $La_{max}$ :  $-1,8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ;  $HF_{max}$ :  $-7 \text{ min}^{-1}$ ). Anhand des POMS konnte ein signifikanter Anstieg im Müdigkeitsempfinden (+64%) sowie ein Abfall der Tatkraft (-25%) ermittelt werden.

Weder die Durchschnittsleistung noch die mittleren Laktat- und Herzfrequenzwerte im Zeitfahren konnten durch REG1 bzw. durch REG3 signifikant beeinflusst werden. Allerdings war eine zusätzliche Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve mit weiterem Anstieg der IAS nach REG3 zu beobachten. Die maximalen Laktat- und Herzfrequenzwerte in FE stiegen nach REG1 wieder an, während sie nach REG3 weiter abfielen. Während durch REG1 das Ermüdungsempfinden gesenkt und die Tatkraft verbessert werden konnte, traten nach REG3 weitere Verschlechterungen ein (Tab.1).

Tab. 1: Veränderungen in den Parametern der Leistungsfähigkeit sowie im Beanspruchungsverhalten nach REG1 bzw. REG3 im Vergleich zu nach IT. Fettgedruckte Differenzen unterscheiden sich signifikant (2x2 ANOVA).

	<b>TT</b>	<b><math>La_{TT}</math></b>	<b><math>HF_{TT}</math></b>	<b>IAS</b>	<b><math>La_{max}</math></b>	<b><math>HF_{max}</math></b>	<b>Müdigkeit</b>	<b>Tatkraft</b>
	[W]	[ $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ]	[ $\text{min}^{-1}$ ]	[W]	[ $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ]	[ $\text{min}^{-1}$ ]	[%]	[%]
<b>REG1</b>	-2	+0,4	+2	+1	+1,7	+5	-55	+37
<b>REG3</b>	±0	-0,5	-1	+7	-1,0	-2	+11	-21

Sowohl IT als auch REG1 bzw. REG3 führten zu keinen signifikanten Veränderungen in der Ruhekonzentration von Kortisol bzw. in den belastungsinduzierten Anstiegen der Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin. Die belastungsinduzierte Kortisolausschüttung (KORTT) konnte durch REG1 gesteigert werden, während sie nach REG3 abfiel ( $p < 0,05$ ). KORTT war nach REG3 signifikant niedriger als vor IT (Abb.1).

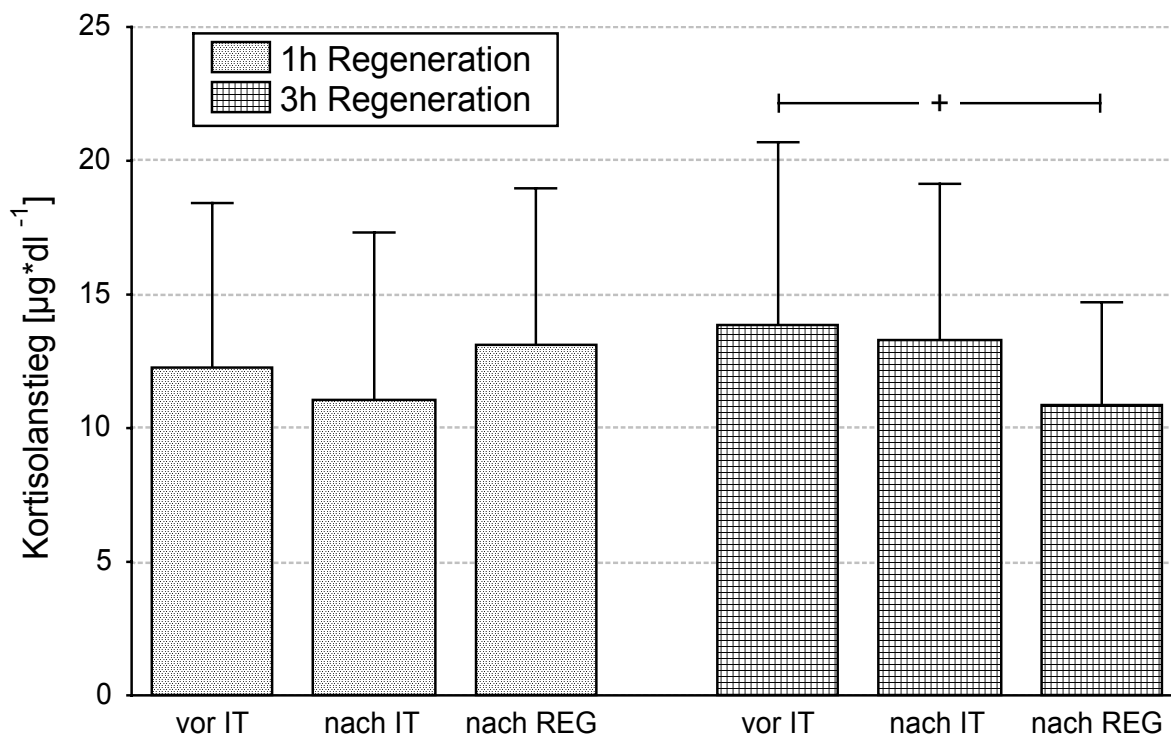


Abb. 1: Belastungsinduzierter Kortisolanstieg vor und nach IT sowie nach REG. += p < 0,05

Die Gesamtleukozytenzahl war nach IT signifikant erniedrigt (-470\*µl<sup>-1</sup>). Dies war hauptsächlich durch eine Verringerung der Lymphozyten und dabei insbesondere der natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) bedingt. Nach REG1 war im Gegensatz zu REG3 wieder ein Anstieg der Leukozyten, der Lymphozyten sowie der Prämakrophagen zu beobachten. Für die NK-Zellen konnte ein solches Verhalten nicht statistisch gesichert werden (Tab.2).

Zwischen BCAA und PLAC bestand kein signifikanter Unterschied im Verhalten sämtlicher Leistungs- und Beanspruchungsparameter (Mann-Whitney-U-Test).

Tab. 2: Durch IT bzw. REG hervorgerufene Veränderungen in verschiedenen Parametern des Immunsystems. ↑/↓ signifikanter Anstieg/Abfall; ⇔ keine Veränderung. Pfeile in Klammern bezeichnen ein tendentielles Verhalten (0,05 < p < 0,10).

	<b>IT</b>	<b>REG1</b>	<b>REG3</b>
<b>Leukozyten</b>	↓	(↑)	(↓)
<b>Prämakrophagen</b>	⇔	↑	↓
<b>Lymphozyten</b>	(↓)	↑	↓
<b>NK-Zellen</b>	↓	⇔	⇔

## 4 Diskussion

In der vorliegenden Studie sollte zum Einen die Dauer eines aktiven, sportartspezifischen Regenerationstrainings und zum Anderen der Einfluss einer Substitution mit BCAA auf das Ermüdungsverhalten beurteilt werden. Daraus sollten Empfehlungen zur optimierten Gestaltung von Regenerationsprozessen und somit zur Vorbeugung von Überlastungszuständen im leistungssportlichen Ausdauertraining abgeleitet werden.

Die gesteigerte IAS sowie die niedrigeren Laktat- und Herzfrequenzwerte im Zeitfahren lassen primär auf eine verbesserte aerobe Ausdauer nach IT schließen. Allerdings deutet die Verschlechterung der Befindlichkeitsparameter und Maximalwerte in FE sowie die Einschränkung hormoneller und immunologischer Parameter nach IT und insbesondere nach REG3 auf einen beginnenden Überlastungszustand hin, während die Veränderungen durch REG1 wieder rückgängig gemacht wurden. Die erniedrigte maximale Kortisolausschüttung nach REG3 ist kritisch zu beurteilen, da derartige Veränderungen mit einem Übertrainingssyndrom in Zusammenhang gebracht werden (URHAUSEN und KINDERMANN 2002). Die durch IT bzw. REG1 und REG3 verursachten Veränderungen spiegeln sich allerdings nicht in der TT-Leistung wider; womöglich sind dazu intensivere oder umfangreichere Interventionen mit größeren Auslenkungen physiologischer, biochemischer und psychometrischer Parameter notwendig.

Ein Einfluss der BCAA-Gabe auf die Leistungs- und Beanspruchungsparameter konnte nach der intensiven Trainingsphase nicht festgestellt werden. Dieser Befund ist in Einklang mit der Aussage von STRÜDER und WEICKER (2001), dass bisherige Daten keinen ergogenen Nutzen eines verringerten freien Tryptophan/BCAA-Quotienten (z.B. durch BCAA-Gabe) vermuten lassen und Verschiebungen dieses Quotienten nicht zwangsläufig zu Veränderungen im Befinden und Ermüdungsverhalten führen. Vielmehr scheint es möglich, dass sehr gut Ausdauertrainierte über eine veränderte Serotoninrezeptorsensitivität verfügen, i.S. eines Schutzmechanismus gegenüber übermäßigen Auslenkungen des serotonergen Systems durch exzessive Belastungen (STRÜDER und WEICKER 2001).

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse darauf hin, dass mehrstündige im Gegensatz zu einstündigen niedrigintensive Trainingseinheiten für die Regeneration nach intensiven Trainingsphasen eher ungeeignet sind. Dies spiegelt sich jedoch nicht in der Leistung in einem wettkampfählichen Test wider. Die Supplementation mit BCAA hatte keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und das Ermüdungsverhalten während einer intensiven Trainingsphase.

## 5 Literatur

- COEN, B.; URHAUSEN, A.; BOTT, W.; BLASKO, K.; KINDERMANN, W.: Influencing the regeneration within a microcycle by endurance performance and event specificity in endurance trained athletes. Intern. J. Sports Med. 23 (2002), 142.
- STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A.: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. Intern. J. Sports Med. 2 (1981), 160-165.
- STRÜDER, H.; WEICKER, H.: Physiology and pathophysiology of the serotonergic system and its implications on mental and physical performance. Part II. Intern. J. Sports Med. 18 (2001), 482-497.
- URHAUSEN, A.; KINDERMANN, W.: Diagnosis of overtraining: What tools do we have? Sports Med. 32 (2002), 95-102.

