

bis zu
900
Watt

EXZENTRISCHES RADTRAINING

Erhöht die Quadrizepskraft und das -volumen



CYCLUS 2
ECCENTRIC

Exzentrisches Radtraining:

Die Renaissance eines Trainingskonzepts

Stéphane P. Dufour, PhD | Fakultät für Sportwissenschaft, Universität Strasbourg, Frankreich

Bei konzentrischer (KON) Muskelarbeit verkürzt sich der Muskel aktiv während der Kontraktion und überwindet einen Widerstand, wohingegen der Muskel bei exzentrischer (EXZ) Muskelarbeit eine erzwungene Verlängerung durch Abbremsen externer Krafteinwirkungen erfährt.

In den letzten 15 Jahren zeigte sich erneut ein zunehmendes Interesse am EXZ Radtraining. Nachdem 1952 Abbott et al.^{1,2} das allererste EXZ Radergometer für die unteren Extremitäten (Abb. 1) konzipierten, wurden darauf aufbauend, unter Verwendung aktueller Technologien, EXZ Ergometer für die unteren^{3,4} als auch die oberen⁵ Extremitäten entwickelt. Seit kurzem ist ein EXZ Radergometer auf dem Markt verfügbar, welches die Verwendung des eigenen Fahrrads zum EXZ Radtraining erlaubt (Cyclus2 Eccentric Trainer©).

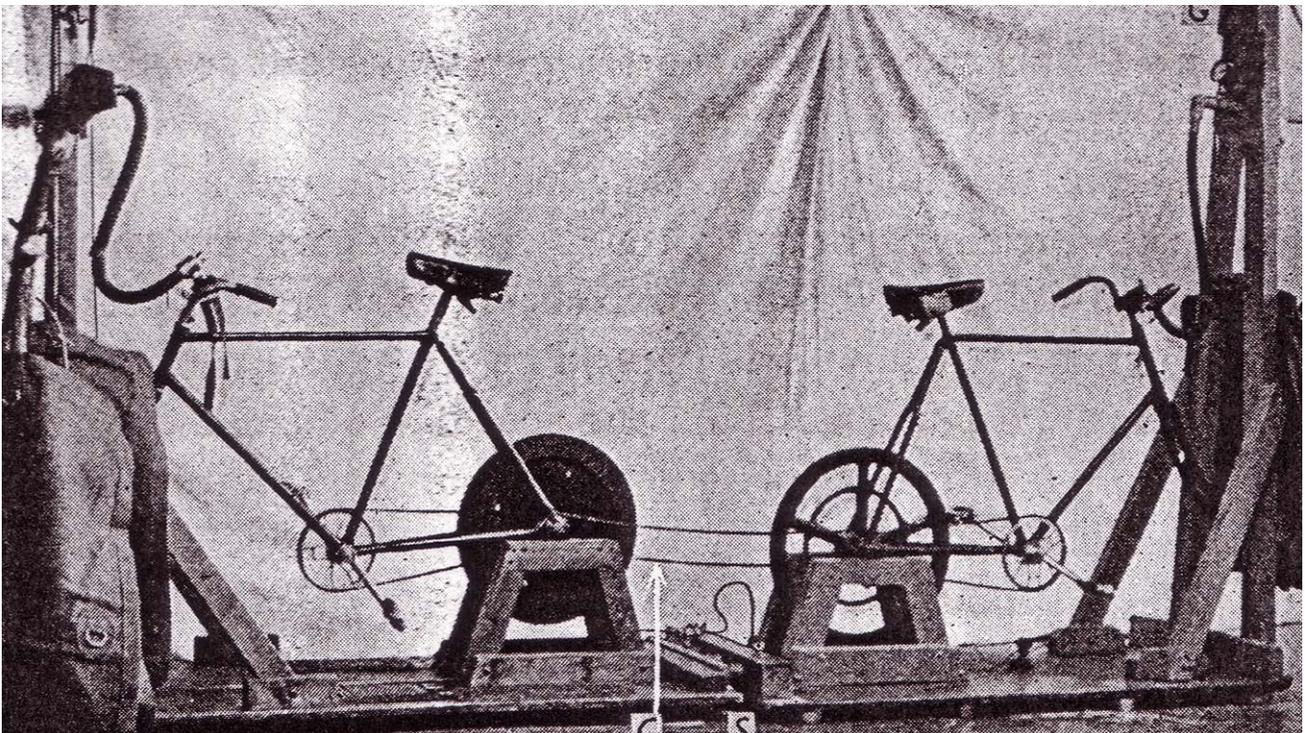


Abb. 1: Zwei Radergometer wurden Rücken an Rücken gestellt und mit einer Antriebskette verbunden; Einer der Radfahrer verrichtete konzentrische Arbeit, indem er wie gewöhnlich, vorwärts gerichtet in die Pedale trat. Somit bewegten sich die Beine des anderen Radfahrers rückwärts und exzentrische Muskelarbeit wurde erzeugt (entnommen aus Abbott et al.¹).

1. Abbott, B.C., B. Bigland, and J.M. Ritchie, The physiological cost of negative work. *J Physiol*, 1952. 117(3): p. 380-90.
2. Abbott, B.C. and B. Bigland, The effects of force and speed changes on the rate of oxygen consumption during negative work. *J Physiol*, 1953. 120(3): p. 319-25.
3. Marcus, R.L., et al., Comparison of combined aerobic and high-force eccentric resistance exercise with aerobic exercise only for people with type 2 diabetes mellitus. *Phys Ther*, 2008. 88(11): p. 1345-54.
4. Lastayo, P.C., et al., The feasibility and efficacy of eccentric exercise with older cancer survivors: a preliminary study. *J Geriatr Phys Ther*, 2010. 33(3): p. 135-40.
5. Dufour, S.P., et al., Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments. *Med Sci Sports Exerc*, 2004. 36(11): p. 1900-6.
6. Westing, S.H. and J.Y. Seger, Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. *Int J Sports Med*, 1989. 10(3): p. 175-80.
7. Westing, S.H., A.G. Cresswell, and A. Thorstenson, Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1991. 62(2): p. 104-8.
8. Crenshaw, A.G., et al., Knee extension torque and intramuscular pressure of the vastus lateralis muscle during eccentric and concentric activities. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1995. 70(1): p. 13-9.
9. Brunelli, S., et al., Nitric oxide release combined with nonsteroidal antiinflammatory activity prevents muscular dystrophy pathology and enhances stem cell therapy. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007. 104(1): p. 264-9.
10. Enoka, R.M., Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol*, 1996. 81(6): p. 2339-46.
11. Perrey, S., et al., Comparison of oxygen uptake kinetics during concentric and eccentric cycle exercise. *J Appl Physiol*, 2001. 91(5): p. 2135-42.
12. Lechaue, J.B., et al., Breathing patterns during eccentric exercise. *Respir Physiol Neurobiol*, 2014. 202: p. 53-8.
13. Bonde-Petersen, F., H.G. Knuttgen, and J. Henriksson, Muscle metabolism during exercise with concentric and eccentric contractions. *J Appl Physiol*, 1972. 33(6): p. 792-5.
14. Knuttgen, H.G. and K. Klausen, Oxygen debt in short-term exercise with concentric and eccentric muscle contractions. *J Appl Physiol*, 1971. 30(5): p. 632-5.
15. Piazzesi, G., et al., Tension transients during steady lengthening of tetanized muscle fibres of the frog. *J Physiol*, 1992. 445: p. 659-711.

1. Besondere physiologische Eigenschaften der exzentrischen Muskelarbeit

EXZ Muskelkontraktionen können größere Kräfte entwickeln als KON oder isometrische Muskelkontraktionen⁶⁻⁸. Die größere Kraft, die während EXZ Muskelkontraktionen produziert wird, entsteht aus der Kombination von spezifischen bisher jedoch nicht abschließend geklärten Vorgängen auf molekularer Ebene des Querbrückenzyklus⁹ und spezifischer neuronaler Kontrollstrategien¹⁰. Bei gleicher mechanischer Leistung, werden beim EXZ Radfahren eine geringere Sauerstoffaufnahme (VO_2)^{5,11} und niedrigerer Werte der Ventilation (Q)¹² und der Herzfrequenz (HF)^{13,14} erzielt (Abb. 2).

Die während des EXZ Radfahrens hervorgerufene reduzierte VO_2 entsteht durch eine Kombination aus "gewaltsamem" Lösen der Aktin-Myosin-Querbrückenverbindungen ohne Adenosin-Triphosphat (ATP)-Verbrauch^{15,16}, einer erhöhten überbrückten Distanz jeder einzelnen Aktin-Myosin Querbrückenverbindung^{17,18} und der niedrigeren Rekrutierung der motorischen Einheiten. Aus diesem Grund wird das EXZ Radfahren bei den Probanden im Allgemeinen als weniger anstrengend verspürt im Vergleich zum KON, was durch die niedrigeren Werte des subjektiven Belastungsempfindens belegt wurde. Ferner sind verschiedene Befunde von besonderem Interesse, welche neben der „Energieeffizienz“ während der Belastung, zudem nach dem EXZ Radtraining einen gesteigerten Ruheenergieverbrauch von bis zu 72 h aufzeigten¹⁹⁻²¹.

Das EXZ Radfahren kann insofern bei gleicher VO_2 wie das KON durchgeführt werden, vorausgesetzt die mechanische Leistung ist in der EXZ Variante hoch genug eingestellt (5-fach höher beim EXZ als beim KON Radfahren). Unter diesen spezifischen Umständen sind die Q und die HF während des EXZ Radfahrens höher. Diese Kenntnisse müssen unbedingt bei der Trainingssteuerung, der Auswahl der Belastungsintensität und dem Trainingsumfang Berücksichtigung finden, da die Belastung bei gleicher VO_2 während dem EXZ Radfahren eine höhere HF hervorruft, als beim KON Radfahren⁵.

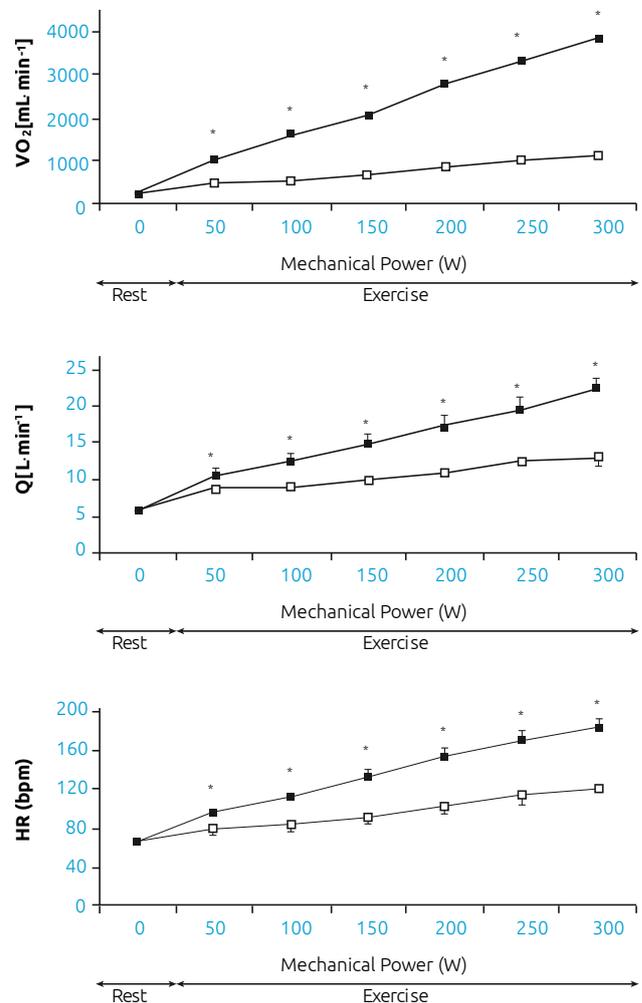


Abb. 2: Sauerstoffaufnahme (VO_2), Ventilation (Q) und Herzfrequenz (HF) als Ausdruck der mechanischen Leistung während KON und EXZ Radfahrens (basierend auf Dufour et al.⁵). EXZ: schwarze Symbole; KON: offene Symbole; $p < 0,05$: signifikanter Unterschied KON vs. EXZ.

16. Huxley, A.F., Biological motors: energy storage in myosin molecules. *Curr Biol*, 1998. 8(14): p. R485-8.
17. Ryschon, T.W., et al., Efficiency of human skeletal muscle in vivo: comparison of isometric, concentric, and eccentric muscle action. *J Appl Physiol*, 1997. 83(3): p. 867-74.
18. Kitamura, K., et al., A single myosin head moves along an actin filament with regular steps of 5.3 nanometres. *Nature*, 1999. 397(6715): p. 129-34.
19. Paschalis, V., et al., Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women. *Scand J Med Sci Sports*, 2010. 20(1): p. e103-11.
20. Hackney, K.J., H.J. Engels, and R.J. Gretebeck, Resting energy expenditure and delayed-onset muscle soreness after full-body resistance training with an eccentric concentration. *J Strength Cond Res*, 2008. 22(5): p. 1602-9.
21. Dolezal, B.A., et al., Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. *Med Sci Sports Exerc*, 2000. 32(7): p. 1202-7.
22. McHugh, M.P. and D.T. Tetro, Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *J Sports Sci*, 2003. 21(11): p. 927-32.
23. Coffey, V.G., et al., Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans. *FASEB J*, 2006. 20(1): p. 190-2.
24. Krentz, J.R. and J.P. Farthing, Neural and morphological changes in response to a 20-day intense eccentric training protocol. *Eur J Appl Physiol*, 2010. 110(2): p. 333-40.
25. Chapman, D., et al., Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. *Int J Sports Med*, 2006. 27(8): p. 591-8.
26. Paschalis, V., et al., Short vs. long length of rectus femoris during eccentric exercise in relation to muscle damage in healthy males. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2005. 20(6): p. 617-22.
27. Munehiro, T., et al., Establishment of an animal model for delayed-onset muscle soreness after high-intensity eccentric exercise and its application for investigating the efficacy of low-load eccentric training. *J Orthop Sci*, 2012. 17(3): p. 244-52.
28. Gibala, M.J., et al., Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol*, 1995. 78(2): p. 702-8.
29. Gibala, M.J., et al., Myofibrillar disruption following acute concentric and eccentric resistance exercise in strength-trained men. *Can J Physiol Pharmacol*, 2000. 78(8): p. 656-61.

2. Exzentrische Belastungen führen nicht zwangsläufig zu Muskelschädigung

EXZ Muskularbeit kann zu hohen belastungsinduzierten Muskelschäden (BIMS) führen, besonders wenn hohe Muskelkraft²²⁻²⁴ erzeugt wird und/oder wenn die EXZ Muskularbeit bei hohen Geschwindigkeiten²⁵ oder kurzer Muskellänge²⁶ ausgeführt wird. Das Ausmaß an BIMS konnte nach wiederholten, gleichen EXZ Belastungsreizen schrittweise herabgesetzt werden (Wiederholungs-

effekt)^{22,24,27} und Probanden, die regelmäßig EXZ trainierten, waren sogar weniger anfällig für BIMS²⁸⁻³⁰. Daraus folgt, dass bei allmählicher Steigerung der Intensität beim EXZ Radfahren, sich Junge^{31,32} wie auch Ältere^{33,34}, gesunde Personen an die hochintensive EXZ Belastung mit positiven Trainingseffekten gewöhnen können, ohne Muskelschäden davonzutragen.

3. Trainingseffekte nach EXZ Training

Einer der größten Vorteile des EXZ Radtrainings ist die Möglichkeit sehr hohe mechanische Leistungen (bis zu 900 W über 30 min kontinuierlicher Bewegung³⁵) mit begrenztem Energieverbrauch zu erzielen. Das EXZ Radtraining als Trainingsmethode zeigte bei gesunden Probanden eine Verbesserung der isometrischen Kraft (+33%) und stärker ausgeprägte Hypertrophie des Quadrizeps (+52%), im Vergleich zum KON Radtraining. Bei „High-School“ Basketballspielern und Junioren Hochleistungsskirennfahrern verbesserte das EXZ Radtraining die Sprunghöhe um 6-8% im Vergleich zum Krafttraining mit Gewichten³⁶. Erhöhte Sprungkraft und SprungbeinstEIFigkeit wurden ebenso nach EXZ Radtraining im Vergleich zu KON dokumentiert³⁷. Dabei wird angenommen, dass die Speicherung und Nutzung der elastischen Spannungsenergie im Muskel durch EXZ Radtraining verbessert wird. Von Interesse ist das EXZ Radtraining auch bei Rehabilitationsmaßnahmen von Athleten nach Kreuzbandplastik des vorderen Kreuzbandes des Knies^{38,39}. Für diese wurden durch EXZ Training erhöhte Quadrizepskraft und -volumen beobachtet, im Vergleich zum KON Training.

Bei älteren Menschen³³ oder bei Patienten die an kardiorespiratorische Krankheiten, metabolischen Beschwerden³ und neurologischen Pathologien⁴⁰ leiden und bei

einigen Arten von Krebs (wie Brust-, Prostata-, Lungen-, Dickdarm- und Lymphknotenkrebs)^{4,41}, erwies sich das EXZ Radtraining, sogar im fortgeschrittenem Alter (>80 Jahre) als durchführbar, faktisch ohne BIMS oder anderen Nebenwirkungen. Unter diesen Umständen zeigte das EXZ Radtraining ermutigende Ergebnisse hinsichtlich der Erhöhung der Muskelmasse und -kraft, die letztendlich die Belastbarkeit und Lebensqualität verbessern. Insgesamt deuten diese Erkenntnisse darauf hin, dass das EXZ Radtraining sogar für leistungsschwächere Personen geeignet ist und besonders zur Verbesserung der Körperzusammensetzung und Muskelkraft beiträgt, was möglicherweise durch die spezifische Expression über die Verschlüsselung des Transkriptionsfaktors zustande kommt, welcher an Muskelwachstum, -wiederherstellung und -umbau beteiligt ist⁴².

Obleich die spezifischen mechanischen, metabolischen und kardiovaskulären Reaktionen im Einzelnen die volle Aufmerksamkeit zur optimalen Trainingssteuerung bedürfen, entwickelt sich das EXZ Radergometertraining derzeit als vielversprechende Trainingsmethode nicht nur für Athleten sondern auch für ältere Menschen und Patienten mit verschiedenen Krankheitsbildern.

Übersetzung aus dem Englischen von Janina-Kristin Götz (Ruhr-Universität Bochum)

-
30. Meier, W.A., et al., The long-term contribution of muscle activation and muscle size to quadriceps weakness following total knee arthroplasty. *J Geriatr Phys Ther*, 2009. 32(2): p. 79-82.
 31. Lastayo, P.C., et al., Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. *Am J Physiol*, 1999. 276(2 Pt 2): p. R611-5.
 32. LaStayo, P.C., et al., Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2000. 278(5): p. R1282-8.
 33. LaStayo, P.C., et al., The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2003. 58(5): p. M419-24.
 34. LaStayo, P.C., et al., Reversing muscle and mobility deficits 1 to 4 years after TKA: a pilot study. *Clin Orthop Relat Res*, 2009. 467(6): p. 1493-500.
 35. Gross, M., et al., Effects of eccentric cycle ergometry in alpine skiers. *Int J Sports Med*, 2010. 31(8): p. 572-6.
 36. Lindstedt, S.L., et al., Do muscles function as adaptable locomotor springs? *J Exp Biol*, 2002. 205(Pt 15): p. 2211-6.
 37. Elmer, S., et al., Improvements in multi-joint leg function following chronic eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 2011.
 38. Gerber, J.P., et al., Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*, 2007. 89(3): p. 559-70.
 39. Gerber, J.P., et al., Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2007. 37(1): p. 10-8.
 40. Robineau, S., et al., [Eccentric isokinetic strengthening in hamstrings of patients with multiple sclerosis]. *Ann Readapt Med Phys*, 2005. 48(1): p. 29-33.
 41. LaStayo, P.C., et al., Eccentric exercise versus usual-care with older cancer survivors: the impact on muscle and mobility—an exploratory pilot study. *BMC Geriatr*, 2011. 11: p. 5.
 42. Mueller, M., et al., Different molecular and structural adaptations with eccentric and conventional strength training in elderly men and women. *Gerontology*, 2011. 57(6): p. 528-38.

Cyclus2 Eccentric Trainer

Betriebsarten:

Belastungsarten:	<ul style="list-style-type: none">■ isokinetisch (Tretfrequenz)■ leistungsgeregelt (Watt)■ drehmomentgeregelt (Nm)
Steuerung:	<ul style="list-style-type: none">■ manuell■ programmgesteuert
Maximalleistung:	<ul style="list-style-type: none">■ 900 Watt (kurzzeitig)

Kompatibilität:

Hinten:	<ul style="list-style-type: none">■ 13er Zahnkranz ohne Freilauf, Einbauweite 120 mm (z.B. für Bahn- oder Touring-Räder)
Vorn:	<ul style="list-style-type: none">■ Schnellspanner 9 mm x 100 mm
Achsabstand:	<ul style="list-style-type: none">■ min. 80 cm, max. 119 cm (andere Abstände auf Anfrage)
Herzfrequenzsensor:	<ul style="list-style-type: none">■ ANT+ Herzfrequenz-Sender (z.B. Garmin)

Zubehör (optional lieferbar):

Fahrradrahmen:	<ul style="list-style-type: none">■ passende Rahmen von Bahn- und Touringrädern verschiedener Größen
Herzfrequenzsensor:	<ul style="list-style-type: none">■ ANT+ Herzfrequenz-Sender inklusive Textilgurt
Bodenschutz:	<ul style="list-style-type: none">■ Unterlegmatte

Genauigkeit, Kalibrierung:

Leistung:	<ul style="list-style-type: none">■ Fehler maximal 4% vom Anzeigewert (für Leistungen kleiner 100 Watt maximal 4 Watt)
Tretfrequenz:	<ul style="list-style-type: none">■ Fehler maximal ± 1 RPM
Kalibrierung:	<ul style="list-style-type: none">■ dynamische Kalibrierung, inkl. Kalibrierprotokoll, jährlich empfohlen
Rückführung:	<ul style="list-style-type: none">■ HBM T5-Drehmoment-Messwelle (Genauigkeitsklasse 0,1)

Schnittstellen:

2 x USB:	<ul style="list-style-type: none">■ für USB-Stick, Drucker oder externe Tastatur
1 x LAN:	<ul style="list-style-type: none">■ 100/10MBit Ethernet für Fernsteuerung via VNC, Netzwerkdrucker
1 x WLAN:	<ul style="list-style-type: none">■ optional, 802.11g/ 2.4/5 GHz, für Fernsteuerung via VNC, Netzwerkdrucker
Druckertreiber:	<ul style="list-style-type: none">■ PCL3, PCL5 kompatibel (z.B. HP Officejet H470, HP Officejet 100) PDF, TIFF
Datenexport:	<ul style="list-style-type: none">■ benutzerdefiniertes CSV-Format

Allgemeines:

Sprachen:	<ul style="list-style-type: none">■ Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Polnisch, Russisch, Spanisch, Portugiesisch
-----------	--

Spannungsversorgung:

Leistungsaufnahme:	<ul style="list-style-type: none">■ 1000W (maximal)
Externe Netzteile:	<ul style="list-style-type: none">■ Steckernetzteil 100-240 V AC/ 50-60 Hz, Ausgangsspannung 12 V DC/ 2,08 A, medizinische Zulassung nach IEC 60601-1:2005 (3rd Edition)■ Tischnetzteil 100-240 V AC/ 50-60 Hz, Ausgangsspannung 12 V DC/ 80 A, medizinische Zulassung nach EN/UL 60601-1, mit NOT-AUS-Schalter

Abmessungen, Gewicht:

Aufstellmaße:	<ul style="list-style-type: none">■ ca. 140 x 50 x 105 cm (L x B x H) abhängig vom verwendeten Fahrradrahmen
Gewicht:	<ul style="list-style-type: none">■ ca. 30 kg (ohne Fahrradrahmen)

Wichtiger Hinweis:

Das Gerät darf nur zusammen mit einer zweiten Person genutzt werden, wobei die zweite Person jederzeit in der Lage sein muss, das Gerät mit dem Not-Aus-Taster auszuschalten (z.B. bei auftretenden Gefährdungen).

Technische Details und Farben können von denen auf der Abbildung abweichen.



IGZ Instruments
smart solutions & service

IGZ Instruments AG
Furtbachstrasse 17
8107 Buchs ZH

Tel. +41 44 456 33 33
igz.ch igz@igz.ch

CYCLUS 2

RBM elektronik-automation GmbH
Weissenfelser Straße 73, 04229 Leipzig
Deutschland

Telefon: +49 (0) 341 47 83 95 00
E-Mail: kontakt@cyclus2.com

www.cyclus2.com