

„Systemtheoretische“ Betrachtung von Belastung, Beanspruchung und Trainingsanamnese mittels multipler Regressionsanalyse und deren Erklärungswert

1 Einleitende Bemerkung und Problemstellung

Betrachtet man Trainingspraxis sowie trainingswissenschaftliche Literatur zur Methodik des Krafttrainings, so werden die Belastungsnormativa sowohl zur Regelung und Steuerung des Trainings als auch zur Trainingsveränderung (Adaptation/De- bzw. Readaptation) verwendet (vgl. Fleck & Kraemer, 1997). So schreiben Martin, Carl und Lehnertz (1993, 91) zur Belastungsanforderung im Training bzw. zum Trainingsprozess, dass die Belastungsanforderung eine trainingsmethodische Beschreibungsgröße für Arbeitsleistungen sei. Die einzelnen Komponenten zur Steuerung des Trainings sind die Art der Übungsausführung, Belastungsumfang, -intensität, -dauer und -dichte. Während innerhalb der Methodik des Ausdauertraining zwischen den Belastungsnormativa und den zugrundeliegenden Beanspruchungen (bspw. kardio-pulmonales System) hinreichende Zusammenhänge identifiziert werden konnten (vgl. Kindermann, 1987; Wassermann u.a., 1999), stehen diese Belastungs-Beanspruchungs-Relationen für das Krafttraining noch weitestgehend aus. Des Weiteren werden im Ausdauertraining die ermittelten Beanspruchungswerte (HF, Laktatkonzentration, VO_2 etc.) zur Trainingssteuerung eingesetzt (vgl. Coen, 1997). Untersuchungen zur Belastungs- und Beanspruchungs-Situation im Krafttraining sind aufgrund der Methodenkomplexität sowie der direkten Zuordnung nur vereinzelt zu finden (vgl. Pierce, Rozenek & Stone, 1993; Pollmann, 1993; Jost, Ruch & Schrey, 2001). So besitzen die Belastungsnormativa a posteriori auf der Erklärungsebene nur eine bedingte Aussagekraft für die eigentlich zugrundeliegende Beanspruchung im Krafttraining. Ansätze sind im Bereich des Ruderns, im Kanurennsport, im Judo und Ringen, also in den sog. Kraftausdauersportarten, zu finden (Carl, Starischka & Stork, 1989). Aufgrund der defizitären Forschungslage, war es Zielstellung, im Rahmen einer explorativen Studie den Erklärungswert von Belastung, Beanspruchung sowie von Daten zur Trainingsanamnese innerhalb eines Kraftausdauertraining zu erheben. Hierzu wurden folgende Forschungsfragen im Rahmenkonzept von Belastung und Beanspruchung formuliert (dem Determinismusproblem sind sich die Autoren bewusst): Besteht zwischen den Belastungsnormativa und den zugrundeliegenden Beanspruchungen im Krafttraining ein Zusammenhang? Lässt sich durch die zugrundeliegende Beanspruchung ein Krafttraining zielgerichtet steuern? Besitzen Daten zur Trainingsanamnese einen zusätzlichen Erklärungswert? Inwieweit lassen sich erhobene Befunde generalisieren?

2 Methodik

An der empirischen Untersuchung nahmen insgesamt 39 Probanden teil. Eine unspezifisch trainierte Gruppe von Freizeitsportlern (N=13) sowie zwei Gruppen von Leistungssportlern. Die Gruppe der Leistungssportler bestand aus schnell- bzw. explosivkraftspezifisch trainierten Leichtathleten (N=13) und kraftausdauerspezifisch trainierten Ringer (N=13). Die anthropometrischen Daten sowie die Repräsentativität für die Grundgesamtheit sind in Fröhlich (2003) und in Teilen in Tab.1 beschrieben. In Tab. 2 und 3 sind exemplarisch die Daten zur Trainingsanamnese dargestellt. Mittels multipler Regression sollte festgestellt werden, inwieweit ein linearer Zusammenhang zwischen einer Kriteriumsvariablen (phy. Arbeit) und einer Reihe von Prädiktorvariablen¹ besteht. Als Prädiktorvariablen wurden auf der Beanspruchungsebene erhoben: Laktat [mmol/l], Herzfrequenz [1/min], syst. Blutdruck [mmHg], myokardialer Sauerstoffbedarf [mmHg x 1/min] und subjektive Belastungseinschätzung [RPE]. Die Daten zur Trainingsanamnese beinhalteten: BMI, Sporthäufigkeit [TE/W] und Sportstunden [h/W] pro Woche, Krafttrainingshäufigkeit [KTE/W] und Krafttrainingsstunden [Kh/W] pro Woche. Das Belastungstreatment bestand aus 6 Serien mit einer Belastung von 60 % 1-RM und einer Serienpause von 60 sec. bei der Übung Bankdrücken an einer handelsüblichen Multipresse. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

Tab. 1. *Anthropometrische Daten der Probanden sowie konzentrische Maximalkraft (1-RM) und Relativkraft (1-RM/KG) in Kilogramm bei der Übung Bankdrücken*

	Alter	Größe	Gewicht	1-RM [kg]	1-RM/KG
Freizeitsportler (N=13)	35,4 ± 7,6	179,5 ± 5,7	76,3 ± 5,7	70,0 ± 10,1	0,9 ± 0,1
Leichtathleten (N=13)	26,1 ± 7,6	183,5 ± 10,0	84,6 ± 14,7	105,4 ± 22,1	1,2 ± 0,2
Ringer (N=13)	25,3 ± 10,6	175,0 ± 8,8	77,9 ± 16,1	94,0 ± 16,4	1,2 ± 0,2

Tab. 2. *Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche für die Freizeitsportler, Leichtathleten und Ringer in Absolut- und Prozentwerten*

Trainingshäufigkeit/Woche	Freizeitsportler	Leichtathleten	Ringer
1 - 3 mal	8 (72,7 %)		
3 - 5 mal	2 (18,2 %)	5 (38,5 %)	7 (53,8 %)
5 - 7 mal	1 (9,1 %)	6 (46,1 %)	5 (38,5 %)
7 - 10 mal		2 (15,4 %)	1 (7,7 %)

Tab. 3. *Anzahl der Trainingsstunden für Krafttraining pro Woche für die Freizeitsportler, Leichtathleten und Ringer in Absolut- und Prozentwerten*

Trainingsstunden/Woche	Freizeitsportler	Leichtathleten	Ringer
1 - 3 mal	1 (100 %)	5 (38,5 %)	7 (53,8 %)
3 - 5 mal		5 (38,5 %)	5 (38,5 %)
5 - 7 mal		1 (7,7 %)	1 (7,7 %)
7 - 10 mal		2 (15,4 %)	

¹ Unter testtheoretischen Aspekten handelte es sich streng genommen nicht um eine Experiment, sondern um eine kontrollierte Studie. Des Weiteren sind die zugrundeliegenden individuellen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Eigenschaften die Antezedensbedingungen für die Belastung.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung bezieht sich auf Einzelaspekte: Es konnte mittels multipler Regression gezeigt werden, dass bei „homogenen“ Gruppen (Freizeitsportler, Leichtathleten und Ringer als geschlossenen Gruppen) ein stärkerer Zusammenhang von Belastung und Beanspruchung existiert, als bei „heterogenen“ Gruppen (alle Probanden zusammen). Innerhalb homogener Gruppen ist die Varianzklärung der Prädikatorenvarenablen Laktat, Herzfrequenz, Blutdruck, myokard. Sauerstoffbedarf und subj. Belastungseinschätzung größer als in der Gesamtgruppe (vgl. Tabelle 4). Bei heterogenen Gruppen ist im Gegensatz dazu der Zusammenhang von Belastung und Daten zur Trainingsanamnese stärker ausgeprägt. Dies bedeutet, dass die zu klärende Varianz des BMI, der Sporthäufigkeit, der Sportstunden, der Krafttrainingshäufigkeit sowie der Krafttrainingsstunden pro Woche größer ist (vgl. Tabelle 5). So besitzen die Daten der Trainingsanamnese eine Varianzklärung größer 35 %, wobei die Beanspruchungsparameter nur 6 % der Varianz klären. Bei homogenen Gruppen ist die Varianzklärung der Beanspruchungsparameter i.d.R. größer als die zu klärende Varianz von Daten zur Trainingsanamnese. Die Prädikatorenvarenablen Laktat, Herzfrequenz, Blutdruck, myokard. Sauerstoffbedarf und subj. Belastungseinschätzung klären in der Gruppe der Freizeitsportler die größte Varianz auf. Innerhalb der Gruppe der Leichtathleten klären die Daten zur Trainingsanamnese die größte Varianz auf (vgl. Tabelle 5).

Tab. 4. Zusammenhang (multiple Regression) von Belastung und Beanspruchung (sig. = $p < 0,05$)

Belastung/ Beanspruchung	Gesamt (N=39)	Freizeitsportler (N=13)	Leichtathleten (N=13)	Ringer (N=13)
Serie 1	R = 0,24	R = 0,90	R = 0,71	R = 0,60
Serie 2	R = 0,49	R = 0,91; (sig.)	R = 0,72	R = 0,56
Serie 3	R = 0,51	R = 0,73	R = 0,71	R = 0,51
Serie 4	R = 0,52	R = 0,78	R = 0,77	R = 0,81
Serie 5	R = 0,39	R = 0,88	R = 0,42	R = 0,76
Serie 6	R = 0,40	R = 0,81	R = 0,31	R = 0,53

Tab. 5. Zusammenhang (multiple Regression) von Belastung und Trainingsanamnese (sig. = $p < 0,05$)

Belastung/ Tr. Anamnese	Gesamt (N=39)	Freizeitsportler (N=13)	Leichtathleten (N=13)	Ringer (N=13)
Serie 1	R = 0,59; (sig.)	R = 0,48	R = 0,67	R = 0,52
Serie 2	R = 0,71; (sig.)	R = 0,65	R = 0,71	R = 0,60
Serie 3	R = 0,67; (sig.)	R = 0,76	R = 0,73	R = 0,40
Serie 4	R = 0,60; (sig.)	R = 0,63	R = 0,65	R = 0,45
Serie 5	R = 0,64; (sig.)	R = 0,42	R = 0,83	R = 0,50
Serie 6	R = 0,67; (sig.)	R = 0,52	R = 0,62	R = 0,66

Bei den Beanspruchungsparametern konnte kein hinreichender einzelner Faktor (Beta-Gewichte) identifiziert werden (vgl. Linnamo u.a., 1998). Innerhalb der Daten zur Trainingsanamnese scheint der Krafttrainingshäufigkeit ein gewisser Erklärungswert zu zukommen (vgl. Abbildung 2).

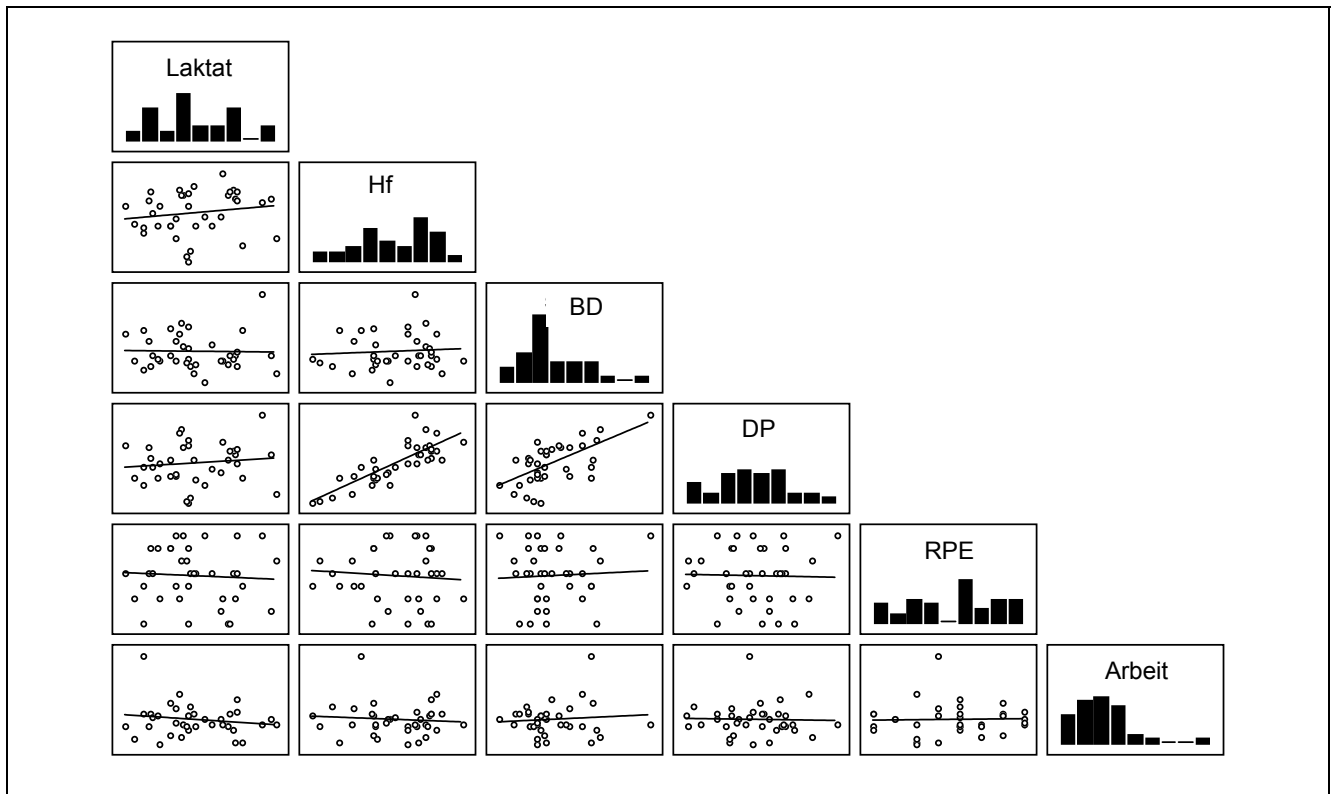


Abb. 1. Zusammenhang von Belastung [phy. Arbeit] und Beanspruchung [Laktat, HF, syst. Blutdruck, myokard. Sauerstoffbedarf, subj. Belastungseinschätzung] in der 1. Serie bei allen 39 Probanden

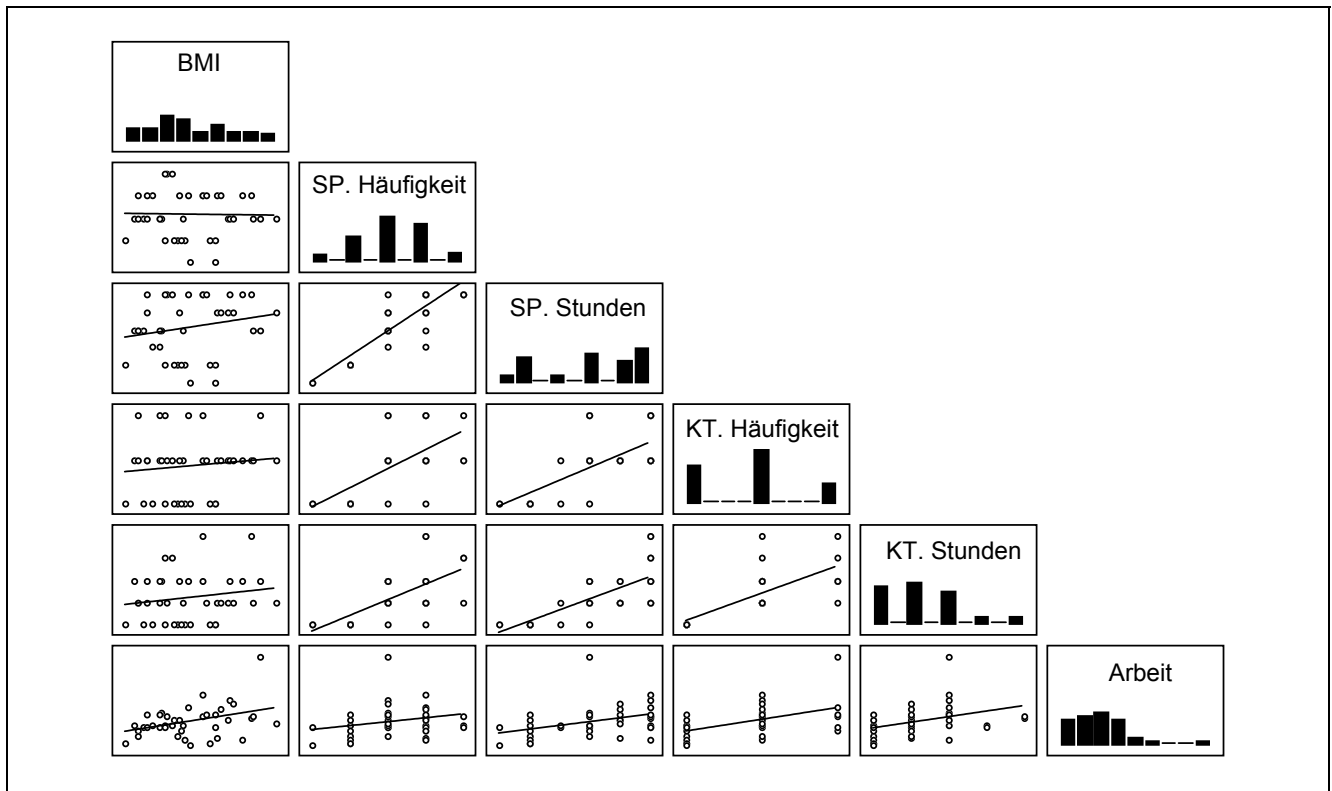


Abb. 2: Zusammenhang von Belastung [phy. Arbeit] und Daten zur Trainingsanamnese [BMI, Sporthäufigkeit, Sportstunden, Krafttrainingshäufigkeit, Krafttrainingsstunden pro Woche] in der 1. Serie bei allen 39 Probanden

4 Diskussion

Innerhalb der vorliegenden explorativen Studie konnte kein genereller Zusammenhang von Belastung und zugrundeliegender Beanspruchung festgestellt werden. Der engste Zusammenhang liegt bei den Freizeitsportlern vor. Aus den Ergebnissen lässt sich auf der Grundlage der Kenntnis über die Beanspruchung keine gezielte Steuerung des Kraftausdauertraining vornehmen. Bei heterogenen Trainingsgruppen mit unterschiedlichem Ausgangsniveau (Maximalkraft, Kraftausdauerleistung etc.) und Krafttrainingserfahrung können zusätzliche Daten zur Trainingsanamnese hilfreich für eine Trainingssteuerung sein. Der Krafttrainingshäufigkeit pro Woche scheint eine zusätzliche Bedeutung zu zukommen. Eine Generalisierung der Ergebnisse auf andere Trainingsgruppen mit unterschiedlicher Trainingserfahrung sowie auf andere Krafttrainingsmethoden (z. B. Muskelaufbautraining) kann nicht vorgenommen werden. Da das Kraftausdauertraining im Gegensatz zum reinen Ausdauertraining nicht durch das kardio-pulmonale System limitiert ist, scheint die Kenntnis über die zugrundeliegende Beanspruchung (operationalisiert über das metabolische und kardiovaskuläre System) für die Trainingssteuerung keinen zusätzlichen Erklärungswert zu besitzen. Inwieweit weitere Beanspruchungsgrößen bspw. EMG, CK-Kinetic etc. für Steuerung und Regelung im Krafttraining hilfreich sind, kann nicht abgeschätzt werden (vgl. Komi, 1986; Müller u.a., 1989).

Literatur

- Carl, K., Starischka, S. & Stork, H.-M. (1989). *Kraftausdauertraining*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Coen, B. (1997). Individuelle anaerobe Schwelle. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. (1997). *Designing resistance training programs*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Fröhlich, M. (2003). *Eine empirische Studie zur Methodik des Kraftausdauertrainings*. Göttingen: Cuvillier.
- Jost, J., Ruch, L. & Schrey, R. (2001). Ein metabolisches Belastungsmodell zur Steuerung und Qualitätssteigerung des Trainings im Ringen griechisch-römischer Stil. 1. Teil: Entwicklung und Validierung des Belastungsmodells. *Leistungssport*, 31, 45-54.
- Kindermann, W. (1987). Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 38, 244-268.
- Komi, P.V. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International Journal of Sports Medicine* 7, Supp. 1, 10-15.
- Linnamo, V., Pakarinen, A., Komi, P. V. & Häkkinen, K. (1998). Acute hormonal and neuromuscular responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. In K. Häkkinen (Ed.), *International conference on weightlifting and strength training*, (pp. 155-156). Lathi, Finland: Gummerus Printing.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Müller, E., Koller, A., Artner-Dworzak, E., Haid, C., Puschendorf, B. & Raas, E. (1989). Zur Trainingssteuerung im Krafttraining - Myoglobin- und Creatinkinasekonzentration nach exzentrischen und konzentrischen Trainingsbelastungen. *Spectrum der Sportwissenschaften* 1, 72-84.
- Pierce, K., Rozenek, R. & Stone, H.M. (1993). Effects of high volume weight training on lactate, heart rate, and perceived exertion. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7, 211-215.
- Pollmann, D. (1993). *Muskuläre Beanspruchung im Mikrozyklus des Krafttrainings*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wassermann, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Casaburi, R. & Whipp, B.J. (1999). *Principles of exercise testing and interpretation*. Lippincott: Williams & Wilkin.