

E. MÜLLER¹; A. KOLLER²; E. ARTNER-DWORZAK³;
C. HAID¹; B. PUSCHENDORF³; E. RAAS²

Zur Trainingssteuerung im Krafttraining – Myoglobin- und Creatinkinase- konzentrationen nach exzentrischen und konzentrischen Trainingsbelastungen

1. Problem- und Aufgabenstellung

Im Hochleistungssport ist die Trainingssteuerung von wesentlicher Bedeutung. Sie wird heute im allgemeinen mit biomechanischen, sportmotorischen und sportmedizinischen Verfahren betrieben. Vorrangiges Ziel ist dabei durchwegs die Optimierung von Trainingsmethoden, die wiederum die optimale Leistungsentwicklung des Sportlers gewährleisten. Die sportmedizinischen Methoden der Trainingssteuerung haben vor allem die Optimierung der Reizdosierung, die Regenerationsbeschleunigung und die Vermeidung von Überforderungszuständen zur Aufgabe (HÄRKÖNEN et al., 1984). Zur Vermeidung von Überforderungszuständen werden in der Trainingspraxis bereits Serumkonzentrationen bestimmter Enzyme, insbesondere der Creatinkinase (CK), verwendet (BERG, 1977).

¹ Institut für Sportwissenschaften
² Institut für Sport- und Kreislaufmedizin
³ Institut für Klinische Chemie und Biochemie –
alle Universität (6020) Innsbruck

Im Bereich des Krafttrainings zeigen jüngste Untersuchungen (NEWHAM et al., 1986; JONES et al., 1986) jedoch, daß die CK für die Steuerung der Belastungssteuerung und somit auch für prophylaktische Maßnahmen gegen Überbelastungen kaum geeignet ist, da sie erst 3 bis 6 Tage nach der Belastung im Serum ihren Maximalwert erreicht. Für die Steuerung der Belastungssteuerung im Krafttraining wäre eine möglichst niedermolekulare Substanz mit geringer Halbwertszeit (schnelle renale Eliminierung), die bereits bei geringfügiger Schädigung der Zellmembran rasch ins Serum freigesetzt wird, wünschenswert. Zudem sollte die Kenngröße labormethodisch einfach zu bestimmen und das gesamte Verfahren nach Möglichkeit am Trainingsort durchführbar sein.

Aus diesen Gründen bietet sich die Bestimmung der Myoglobin-Serumkonzentration, die in jüngster Zeit im Rahmen der Herzinfarkt Diagnostik vermehrt Anwendung findet (PUSCHENDORF, 1988), besonders an.

In der vorliegenden Arbeit gilt es festzustellen, inwieweit sich die Myoglobin-Serumkonzentration nach unterschiedlichen Krafttrainingsbelastungen (konzentrisches und exzentrisches Krafttraining) verändert bzw. ob durch die Bestimmung der Myoglobin-Serumkonzentration schneller Aussagen über die Muskelbelastungsart möglich sind als durch die Bestimmung der Creatinkinase.

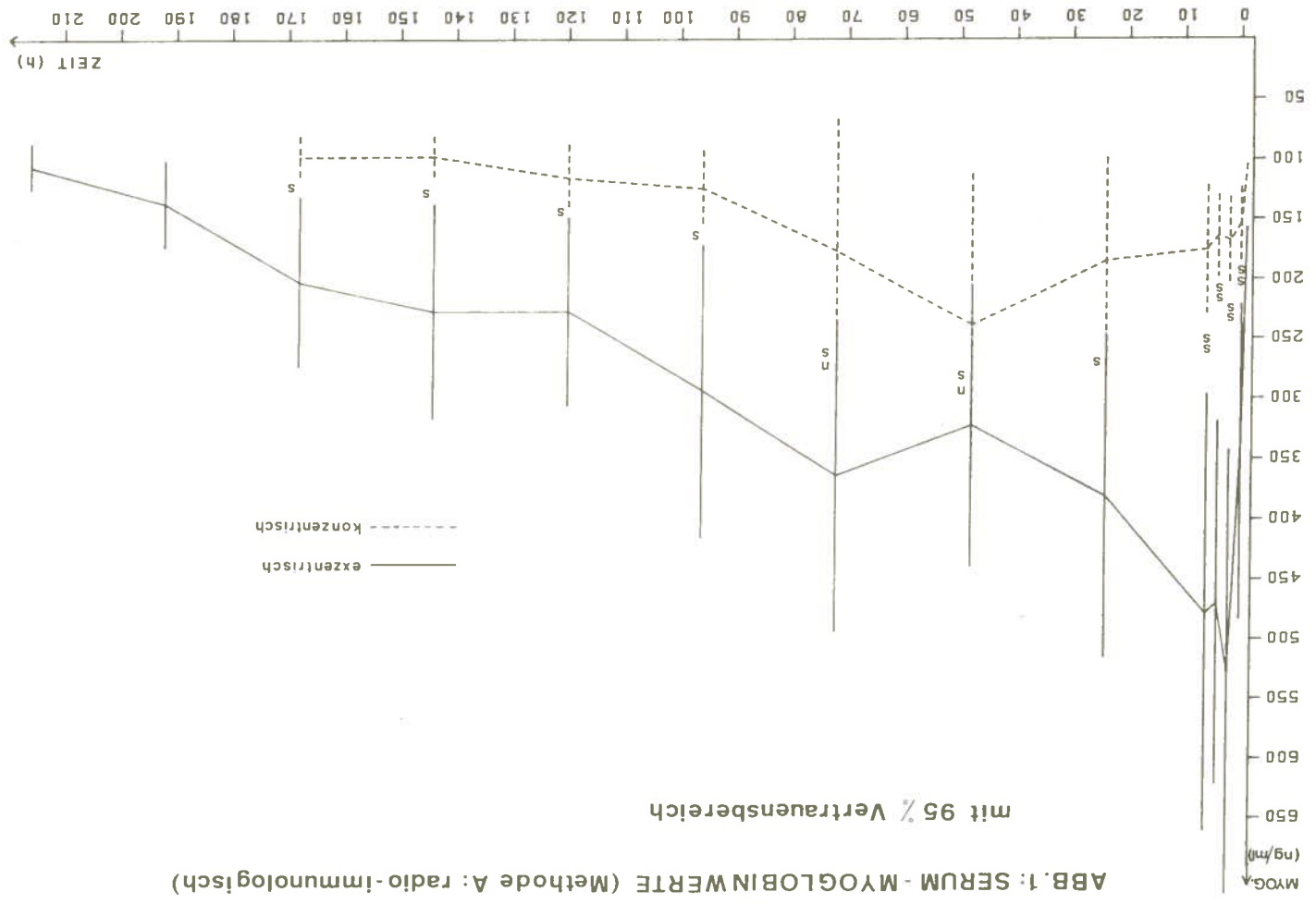
Darüber hinaus wird geprüft, ob der labormethodisch einfache LATEX-Agglutinationstest (LATEX-Test) die labormethodisch aufwendige radioimmunologische Myoglobinbestimmung ersetzen kann. Bei der Durchführung der verschiedenen Krafttrainingsmethoden wird großes Augenmerk darauf gelegt, die biomechanischen Belastungsgrößen, durch die sich die beiden Trainingsmethoden unterscheiden, mit einer speziellen Apparatur meßbar zu machen und sie bei der Durchführung des Trainings so abzustimmen, daß ein Vergleich zwischen exzentrischer und konzentrischer Muskelbeanspruchung sinnvoll erscheint.

2. Untersuchungsmethodik

Zwei Versuchsgruppen (je 18 Versuchspersonen; Sportstudenten und -studentinnen; keine Spitzensportler) hatten die Aufgabe, sich einem einmaligen konzentrischen bzw. exzentrischen Krafttraining der Bein- und Hüftstreckerkulatur zu unterziehen. Das Training wurde auf einem speziell dafür entwickelten Schubapparat, auf dem die Lastbewegung horizontal erfolgt, durchgeführt.

Bei allen Versuchspersonen wurde zunächst die „maximale willkürliche Kontraktionsfähigkeit“ (MVC) des linken Beines bei einem Kniewinkel von 100 Grad bestimmt. Die Gruppe „Konzentrisch“ hatte anschließend die Aufgabe, das linke Bein bei einer Last von 80 Prozent der MVC von 100 auf 150 Grad Kniewinkel zu strecken (7 Versuche pro Serie; 4 Serien; 5 Minuten Pause pro Serie). Die Gruppe „Exzentrisch“ wurde bei einem Kniewinkel von 150 Grad über einen speziellen Auslösemechanismus plötzlich mit dem Gewicht von

ABB. 1: SERUM - MYOGLOBIN WERTE (Methode A: radio-immunologisch)



110 Prozent der MVC belastet und hatte die Aufgabe, mit größtmöglicher Kraft gegen die dadurch erzwungene Beugung in den Knie- und Hüftgelenken anzukämpfen (12 Versuche pro Serie; 4 Serien; 5 Minuten Pause pro Serie). Bei allen Versuchspersonen wurden bei jedem Versuch die Kniewinkel-Zeit- und die Kraft-Zeit-Verläufe gemessen und daraus die Kraftmaxima, die mittleren Kräfte, die Gesamtimpulse, die Belastungsdauer und das Verhältnis von MVC zu Körpergewicht als Indikator für den Trainingszustand berechnet. Durch diese Versuchsanordnung konnte eine annähernd gleichwertige Belastung der beiden Versuchsgruppen erreicht werden. Von jeder Versuchsperson wurde zu folgenden Zeitpunkten Blut entnommen: unmittelbar vor und unmittelbar nach der Belastung; 2, 4, 6, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168, 192 und 216 Stunden nach der Belastung.

Aus den Blutproben wurden mit folgenden Methoden Myoglobin und die CK-Aktivität ermittelt:

Myoglobin wurde radio-immunologisch mittels einer Testpackung der Fa. BioMEDICA (Wien) gemessen bzw. mittels eines LATEX-Tests (Rapi Tex - Myoglobin) des BEHRING-Institutes (Wien) semiquantitativ bestimmt. Die Messung der CK erfolgte routinemäßig mit der Testpackung der Fa. AUSTRÖ-MERCK (Wien).

Für die statistische Bearbeitung der Ergebnisse werden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet und die Verteilung der Daten geprüft. Zur Einschätzung der Mittelwertunterschiede zwischen den einzelnen Gruppen wird bei normalverteilten Daten eine einfache Varianzanalyse durchgeführt. Bei nicht normalverteilten Daten kommt der U-Test von MANN-WHITNEY zur Anwendung.

Die Zusammenhänge zwischen den biomechanischen Kenngrößen (Maximalkräfte; Impulse etc.) und den Blutwerten werden mit Hilfe der Rangkorrelation nach KENDALL bzw. mit der Produkt-Moment-Korrelation ermittelt. Der Zusammenhang zwischen den beiden Testmethoden zur Bestimmung des Myoglobins wird ebenfalls mit der Rangkorrelation nach KENDALL überprüft.

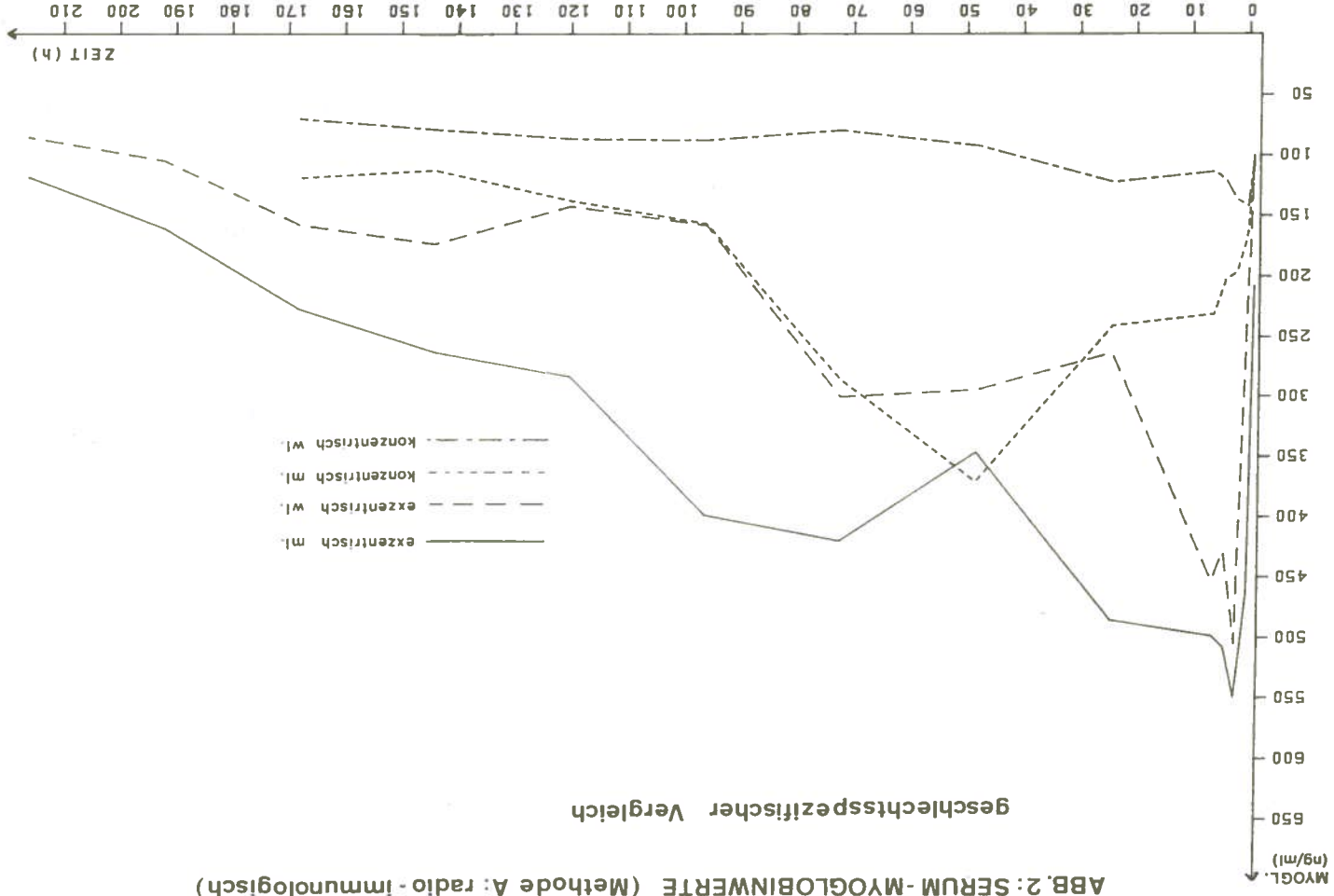
3. Ergebnisse

3.1. Myoglobin

3.1.1. Bestimmungsmethode A (radio-immunologisch)

Vor Belastungsbeginn liegen die Durchschnittswerte der Trainingsgruppe Konzentrisch bei 105 ng/ml ($s = 44$ ng/ml) und der Gruppe Exzentrisch bei 157 ng/ml (vgl. Abb. 1). Die Unterschiede sind statistisch im Zufallsbereich. Schon unmittelbar nach der Belastung steigen die Werte bei der Gruppe Exzentrisch steil an ($x = 352$ ng/ml) und erreichen bereits zwei Stunden nach der Belastung die durchschnittlichen Maximalwerte von 528 ng/ml ($s: 438$ ng/ml; Maximum: 1700 ng/ml; Minimum: 75 ng/ml).

ABB. 2: SERUM-MYOGLOBINWERTE (Methode A: radio-immunologisch)



Vier und sechs Stunden nach der Belastung können annähernd gleich große Werte wie nach zwei Stunden ermittelt werden. Anschließend sinken die Werte kontinuierlich, erreichen aber erst 8 Tage nach der Belastung wieder das Ausgangsniveau. Bei der Gruppe Konzentrisch steigen die Werte nach der Belastung nur geringfügig an (unmittelbar nach der Belastung: 154 ng/ml; zwei Stunden danach: 168 ng/ml; 4 Stunden danach: 164 ng/ml; 6 Stunden danach: 175 ng/ml). Erst 48 Stunden nach der Belastung werden die durchschnittlichen Maximalwerte mit 238 ng/ml (s: 317 ng/ml; Maximum: 1050 ng/ml; Minimum: 34 ng/ml) erreicht.

Anschließend fallen die Werte steil ab und erreichen bereits am vierten Tag nach der Belastung wieder die Ausgangslage. Bei den unmittelbar bzw. 2, 4, 6 und 24 Stunden nach der Belastung analysierten Werten unterscheiden sich die beiden Gruppen stark signifikant ($p < 0,01$). Zwei und drei Tage nach der Belastung liegen die gruppenspezifischen Unterschiede im Zufallsbereich, vom 4. bis einschließlich 7. Tag sind sie wieder signifikant ($p < 0,05$).

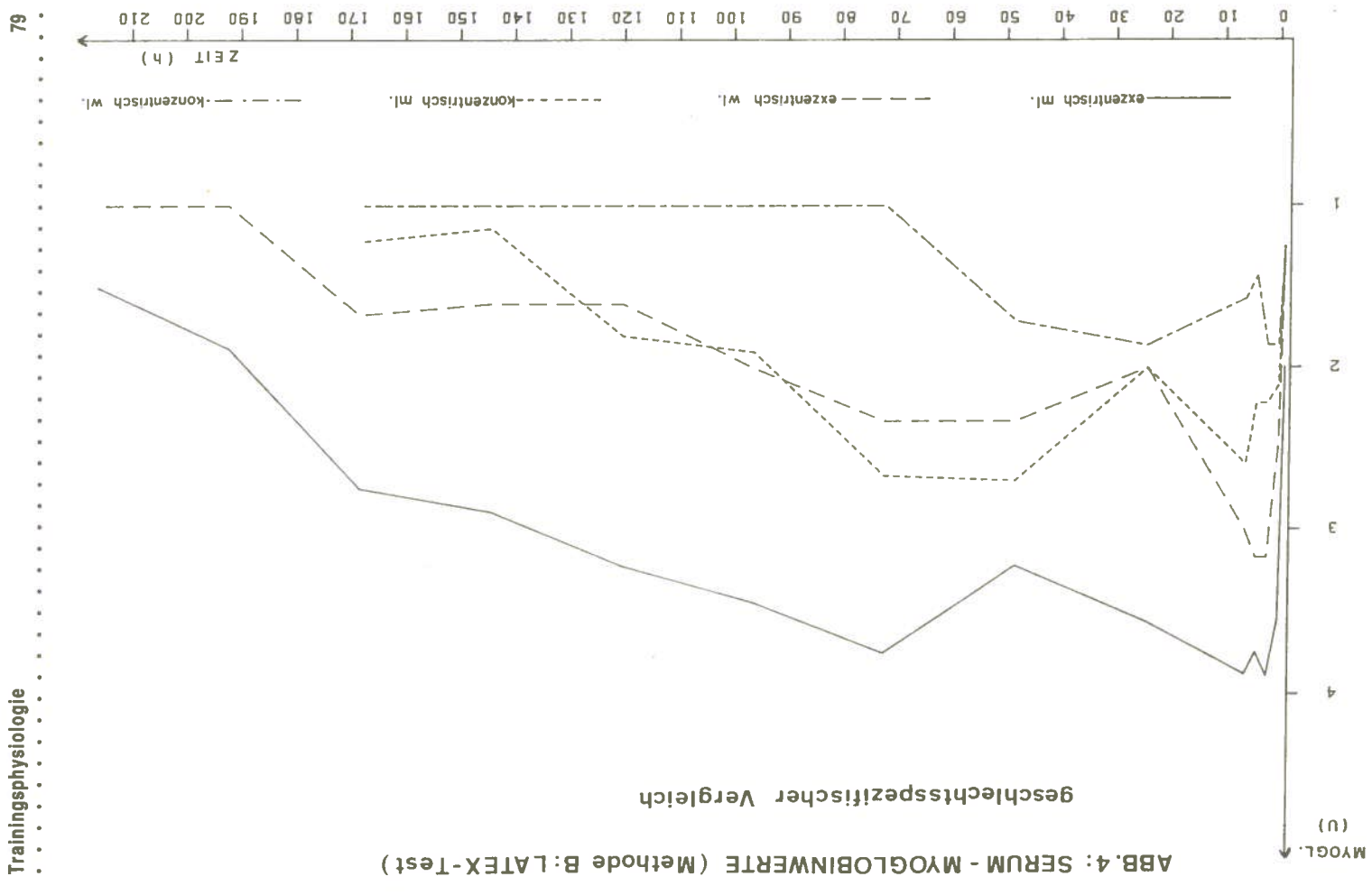
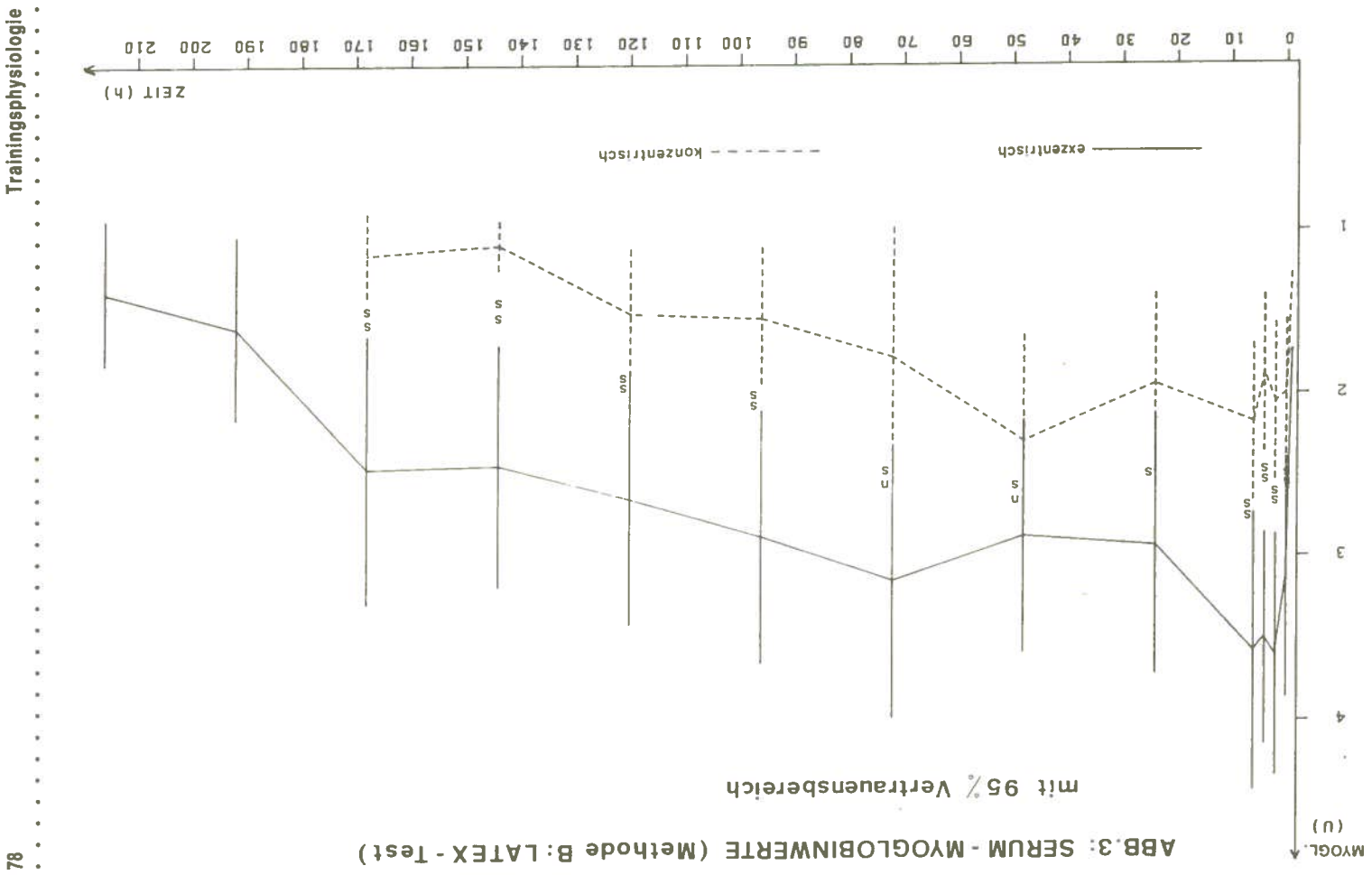
Der geschlechtsspezifische Vergleich (vgl. Abb. 2) zeigt, daß bei beiden Versuchsgruppen die männlichen Versuchspersonen durchwegs höhere Mittelwerte aufweisen. Statistisch gesichert sind diese Unterschiede jedoch nur 24 Stunden ($p < 0,05$), 96 Stunden ($p < 0,01$) und 20 Stunden ($p < 0,05$) nach der Trainingsbelastung.

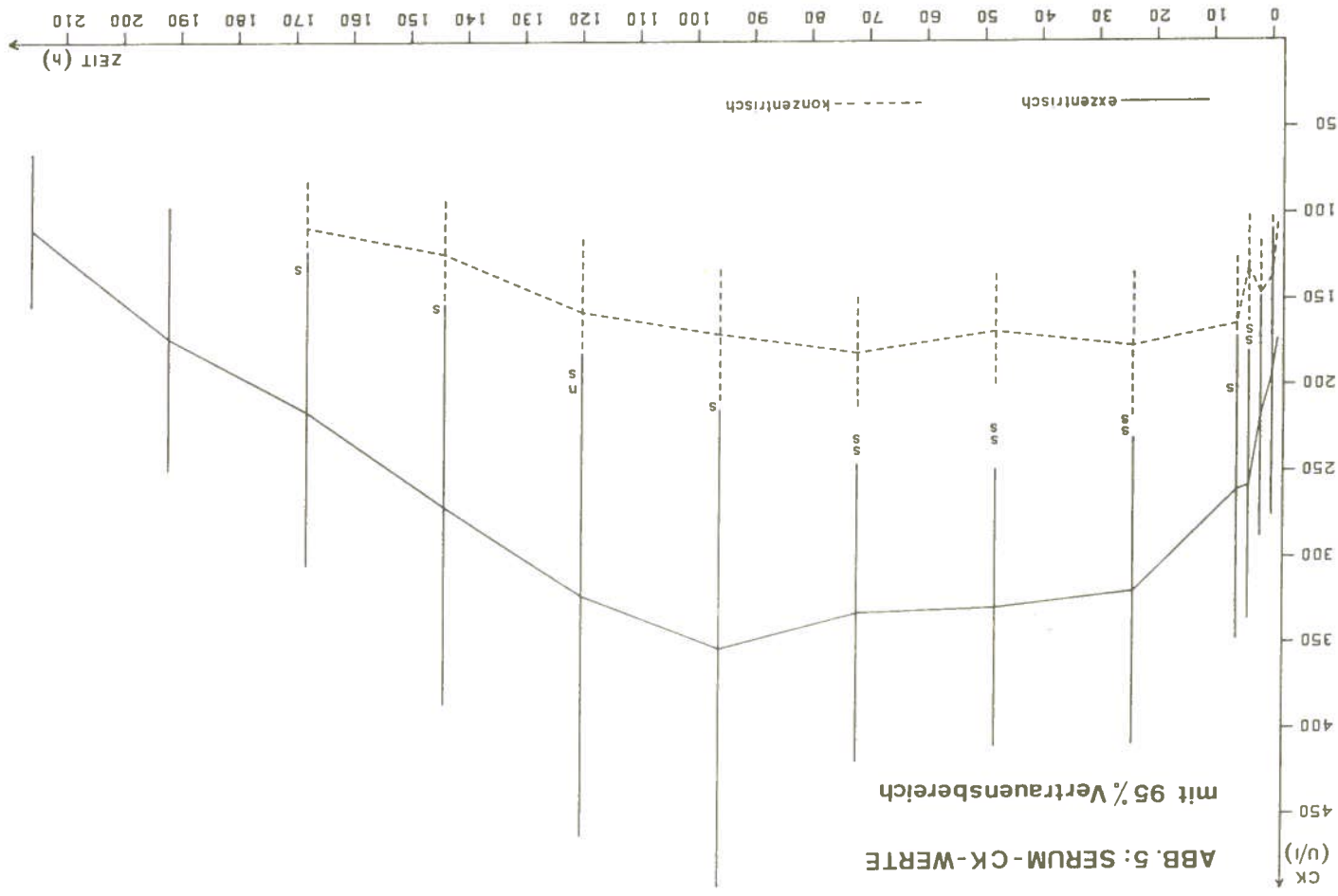
Relativiert man die bei den einzelnen Versuchen erzielten Kraftmaxima auf die maximale, willkürliche Kontraktionsfähigkeit (MVC) der Versuchspersonen und korreliert diese Werte mit den Myoglobinwerten, ergibt sich zwischen 6 und 120 Stunden nach der Belastung ein stark signifikanter bis signifikanter negativer Zusammenhang. Offensichtlich dürfte der Trainingszustand der Versuchspersonen eine Rolle spielen. Diejenigen Versuchspersonen, die aufgrund ihres guten Trainingszustandes in der Lage waren, über die gesamte Dauer der Trainingseinheit große Muskelkräfte gegen die äußeren Widerstände aufzubringen, haben über den oben angeführten Zeitraum weniger Myoglobin freigesetzt als die Versuchspersonen mit schlechterem Trainingszustand, deren Kraftmaxima pro Versuch mit Fortdauer der Trainingseinheit immer kleiner wurden.

3.1.2. Bestimmungsmethode B (LATEX-Test)

Die mit dem semiquantitativen LATEX-Test ermittelten Myoglobinausschüttungen stimmen durchwegs mit den Werten der oben besprochenen Bestimmungsmethode A überein. Der mit Hilfe des KENDALL-Rangkorrelationskoeffizienten berechnete Zusammenhang zwischen den beiden Myoglobin-Bestimmungsmethoden erweist sich bei allen Meßzeitpunkten als stark signifikant ($p < 0,01$). Auch die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die hohe Übereinstimmung zwischen diesen beiden Bestimmungsmethoden auf.

Die statistische Analyse der gruppenspezifischen Unterschiede zwischen den beiden Trainingsmethoden führt ebenfalls bei beiden Bestimmungsmethoden zu denselben Ergebnissen.





3.2. Creatinkinase (CK)

Vor der Belastung liegen die Durchschnittswerte der Trainingsgruppe Exzentrisch bei 173 U/l und jene der Trainingsgruppe Konzentrisch bei 108 U/l, wobei die Mittelwertunterschiede statistisch nicht signifikant sind (vgl. Abb. 5).

Bei der Trainingsgruppe Exzentrisch steigen die Mittelwerte ebenfalls schon unmittelbar nach der Belastung steil an und erreichen 4 Stunden nach der Belastung mit 260 U/l den ersten Spitzenwert, der sich dann bis 24 Stunden nach der Belastung auf 320 U/l weiter steigert. Anschließend folgt bis zum vierten Tag nach der Belastung, an dem mit 352 U/l (s: 304 U/l; Maximum: 1207 U/l; Minimum: 81 U/l) die größten Durchschnittswerte erreicht werden, nur mehr ein geringfügiger Anstieg.

Ab dem vierten Tag nehmen die Werte in etwa gleichmäßig ab und erreichen erst am 8. Tag nach der Belastung ihr Ausgangsniveau.

Die Trainingsgruppe Konzentrisch zeichnet nach der Belastung nur relativ geringfügige Steigerungen der durchschnittlichen CK-Werte auf 177 U/l nach 24 Stunden bzw. auf 180 U/l (s: 70 U/l; Maximum: 295 U/l; Minimum: 61 U/l) nach drei Tagen. Zwischen dem 4. und 7. Tag nach der Belastung nehmen die Mittelwerte wieder kontinuierlich bis zum Ausgangsniveau ab. Die Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Trainingsgruppen liegen bis zwei Stunden nach der Belastung statistisch im Zufallsbereich. Von 4 Stunden bis 7 Tage nach der Belastung sind sie jedoch durchwegs signifikant ($p < 0,05$) bzw. stark signifikant ($p < 0,01$).

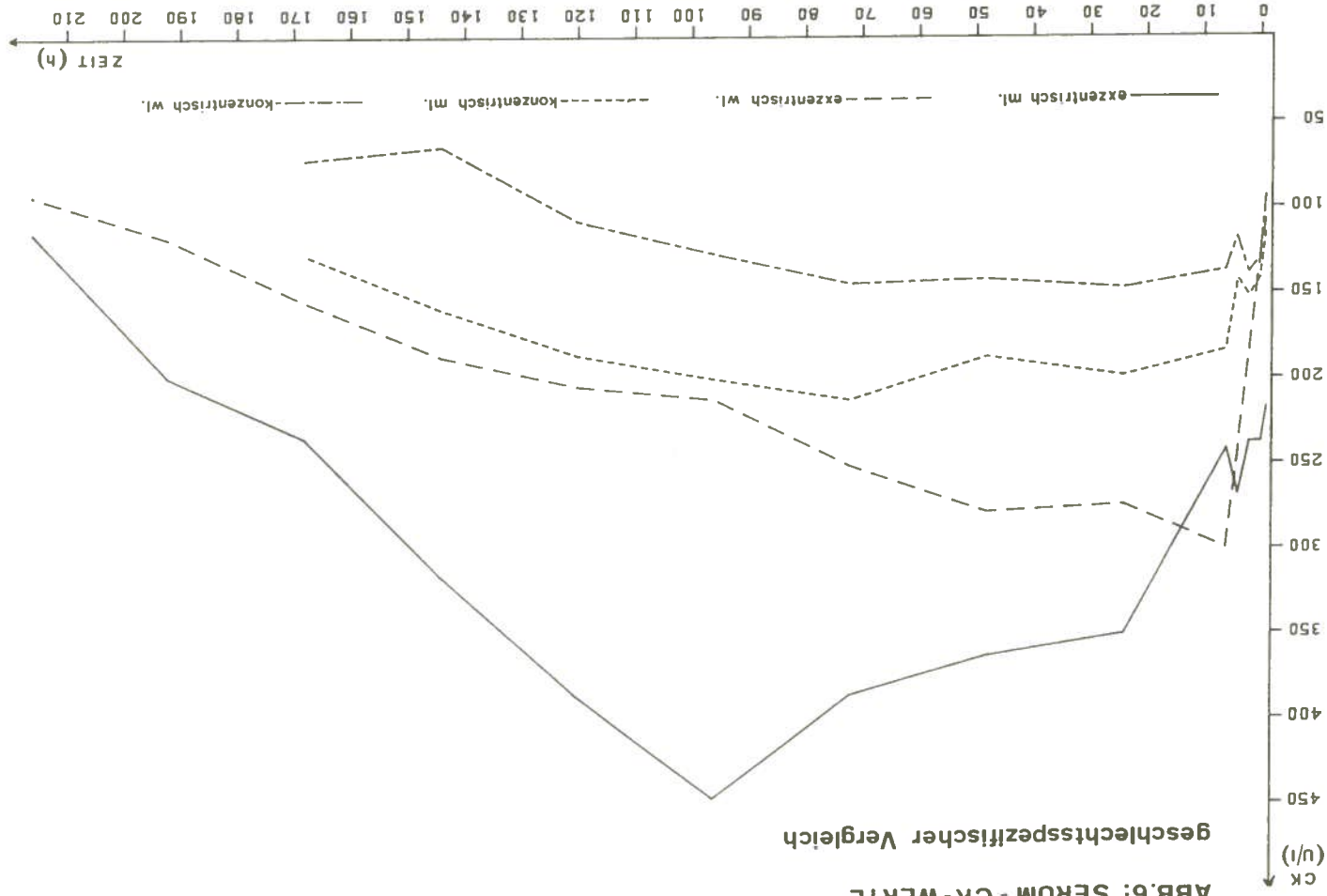
Beim geschlechtsspezifischen Vergleich (vgl. Abb. 6) ergeben sich mit einer einzigen Ausnahme (Trainingsgruppe Exzentrisch 6 Stunden nach der Belastung) bei den männlichen Probanden höhere Mittelwerte als bei den Frauen. Statistisch signifikant sind die Unterschiede jedoch nur 72 und 96 Stunden nach der Trainingsbelastung.

Der beim Myoglobin festgestellte negative Zusammenhang zwischen Trainingszustand der Versuchspersonen und der Höhe der Myoglobinfreisetzung kann beim CK auch, wenngleich nur bei der Trainingsgruppe Exzentrisch, nachgewiesen werden. Allerdings kann der Zusammenhang zwischen den CK-Werten und den auf die maximale willkürliche Kontraktionsfähigkeit (MVC) relativierten Kraftmaxima während der Trainingsbelastungen erst 48 Stunden nach der Belastung als statistisch signifikant bezeichnet werden. Beim Myoglobin ist dies bereits 6 Stunden nach der Belastung möglich gewesen.

4. Diskussion

Im Krafttraining gewinnen biochemische Kenngrößen für die Trainingssteuerung zunehmend an Bedeutung. Wie schon eingangs bemerkt, geht es dabei im Rahmen der Optimierung der Leistungsentwicklung um Maßnahmen zur Regenerationsbeschleunigung und zur Vermeidung von Überforderungszuständen (HÄRKÖNEN, et al., 1984).

ABB. 6: SERUM - CK - WERTE
geschlechtspezifischer Vergleich



Die CK-Serumkonzentration ist eine heute häufig verwendete Kenngröße, mit der auf eventuelle Überforderungszustände hingewiesen werden soll (NEWHAM, 1988). Ein im Vergleich zu Ausgangswerten erhöhter Serum-CK-Wert wird einer zu hohen Belastungsintensität zugeschrieben. Der Anstieg der Serum-CK-Werte erfolgt nach großen Belastungen allerdings relativ langsam, so daß diese Kenngröße für die optimale Trainingssteuerung nur bedingt verwendbar scheint (vgl. APPLE, et al., 1988).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen dieses Problem, da sowohl bei der konzentrischen als auch bei der exzentrischen Trainingsgruppe die CK-Werte erst 3 bzw. 4 Tage nach der Belastung die Höchstwerte erreichen.

Hingegen scheint die Myoglobin-Serumkonzentration eine für die unmittelbare Trainingssteuerung wesentlich geeignetere Kenngröße zu sein. Aus den über 8 Tage erstellten Myoglobinprofilen geht hervor, daß die maximalen Serumwerte der exzentrischen Trainingsgruppe bereits ca. zwei Stunden nach dem Belastungsende erreicht werden. Bei konzentrischer Muskelbeanspruchung scheint die Belastung der Muskelzelle wesentlich geringer zu sein, da die Myoglobin-Serumwerte nach der Belastung nur geringfügig, statistisch nicht signifikant, ansteigen.

In diesem Zeitraum sind rechtzeitige Anpassungen im Trainingsplan, wie Einschaltung regenerativer Maßnahmen oder Reduzierung der Belastungsintensität, noch relativ leicht möglich.

Da die radio-immunologische Bestimmung der Myoglobinwerte labormethodisch kompliziert ist, eignet sie sich nur bedingt für die praktische Anwendung im Feldtest zur Trainingssteuerung. Für diesen Zweck kann ohne nennenswerten Informationsverlust der semiquantitative LATEX-Agglutinations-Test angewandt werden, der eine einfache und kostengünstige Myoglobinbestimmung ermöglicht. Ein Nachteil besteht beim LATEX-Agglutinations-Test zur Zeit darin, daß vor der eigentlichen semiquantitativen Bestimmung der Myoglobinfreisetzung ein Zentrifugationsschritt notwendig ist, der den Test etwas aufwendiger macht und das Ergebnis um weitere 10 Minuten verzögert, so daß ca. 20-30 min vergehen, bis ein endgültiges Resultat vorliegt. Dieser Zeitaufwand dürfte in der Praxis jedoch meist tolerabel sein (PUSCHENDORF, 1988).

Die zum Teil statistisch signifikant höhere Freisetzung von Myoglobin und CK bei den männlichen gegenüber den weiblichen Probanden dürfte vor allem in der größeren Muskelmasse der Männer begründet sein (APPLE, et al., 1987). Wie die Vergleiche zwischen den beiden Trainingsgruppen zeigen, hängt die Höhe der Myoglobinfreisetzung einerseits von der Trainingsmethode (konzentrisch; exzentrisch; Intensität etc.) und andererseits vom Trainingszustand der Versuchspersonen ab. Andere, in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigte Faktoren dürften ebenfalls mitspielen. Für die Verwendung der Kenngröße Myoglobin im Rahmen der Trainingssteuerung sind jedoch zielgruppenspezifisch differenzierte Normwerte von großer Bedeutung. Die Ermittlung solcher Normwerte muß daher als primäre Aufgabe weiterer Untersuchungen gelten.

Literaturnachweis

- APPLE, F. S., Y. HELSTEN, M. CLARKSON, Early Detection of Skeletal Muscle Injury by Assay of Creatine Kinase MM Isoforms in Serum after Acute Exercise, in: *Clin. Chem.*, 34 (1988) 6: 1102-1104.
- APPLE, F. S., M. A. ROGERS, D. C. CASAL, L. LEWIS, J. L. IVY, J. W. LAMPE, Skeletal Muscle Creatine Kinase MB Alterations in Women Marathon Runners, in: *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1987) 56: 49-52.
- BERG, A., Die aktuelle Belastbarkeit - Versuch ihrer Beurteilung anhand von Stoffwechselgrößen, in: *Leistungssport*, 7 (1977) 5: 420-424.
- HÄRKÖNEN, M., K. KUOPPASALMI, H. NÄVERI, H. TIKKANEN, A. ICEN, ADLER-CREUTZ, J. KARVONEN, Biochemical indicators in diagnosis of overstrain condition in athletes, in: *Sport Medicine and Exercise Science. Proceedings of the Olympic Scientific Congress*, Eugene/Oregon, USA, 1984.
- JONES, D. A., D. J. NEWHAM, J. M. ROUND, S. E. J. TOLFREE, Experimental Human Muscle Damage: Morphological Changes in Relation to Other Indices of Damage, in: *J. Physiol.*, (1986) 375: 435-448.
- NEWHAM, D. J., The Consequences of Eccentric Contractions and Their Relationship to Delayed Onset Muscle Pain, in: *Eur. J. Appl. Physiol.*, (1988) 57: 353-359.
- NEWHAM, D. J., D. A. JONES, R. H. T. EDWARDS, Plasma Creatine Kinase Changes after Eccentric and Concentric Contractions, in: *Muscle and Nerve*, (1986) 9: 59-63.
- PUSCHENDORF, B., Myoglobin, L-Myosin, atrialer natüretischer Faktor, cGMP: Neue Laborparameter für die Kardiologische Diagnostik, in: *Lab. med.*, (1988): 191-195.

Projektbericht

REINHARD BACHLEITNER

TESTIMONIALWERBUNG IM SPORT Eine empirische Analyse zur Werbewirkung¹

Vorbemerkung

Systematische und theoriegeleitete Werbewirkungsanalysen innerhalb der Sportwerbung (= Werbung mit Sport) liegen so gut wie nicht vor. Die vereinzelt und weit gestreuten Befunde bewegen sich von reinen Wahrnehmungstudien über Erinnerungskontrollen (gestützte und ungestützte Recallwerte) bis hin zu Image- und Media-Analysen (vgl. HERMANN/DREES/WANGEN 1986, HÖLLER 1981). Man vergleiche im einzelnen dazu die empirischen Ergebnisse bei TISCHLER 1984², 1984³, ROHNER 1977, ROISS 1988. Vereinzelt finden sich auch Studien zur Kosten-Nutzen-Analyse der Sportwerbung (HERMANN/WOERN 1986, BLUNDER 1986, DORENBECK 1986). Studien bzw. Ergebnisse über ein tatsächlich verändertes Kaufverhalten, bedingt durch Werbemaßnahmen, sind nicht eruierbar. So meint auch FUHRER (1982, 377): „Welchen Einfluß die Sportwerbung auf den Verkauf hat, muß vorläufig noch unbeantwortet bleiben.“ Dies trifft auch sechs Jahre später immer noch zu.

So gesehen wundert es daher nicht, wenn auch zur Testimonialwerbung – die an den vorderen Plätzen der Verwendungshierarchie steht (vgl. zur Ubiquität: HERMANN/DREES/PÜTTMANN 1986, Tabelle 7) – keine Effizienzbeweise vorliegen, außer der bekanntesten „Tatsache“: Ein Testimonial wirkt eben, oder besser, ein Testimonial hat eben zu wirken.

Warum generell die Werbung mit Idolen des Sports so häufig Verwendung findet, läßt sich mit LICHTENAUER (1987, 232) folgendermaßen erklären: „Idole des Sports bewegen sich auf der Wertebene des ‚schneller-höher-weiter-besser‘ und verkörpern damit spezifische gesellschaftliche Wertvorstellungen. In Verbindung mit Status und Prestige übernehmen sie ganz bestimmte Rollenverpflichtungen innerhalb eines sozialen Systems. Sie stehen für physische, in geringerem Umfang auch für intellektuelle Leistungsfähigkeit und vor allem für

¹ Der Originalbeitrag dieses Projekts mit umfassender Dateninterpretation erscheint in 2 Teilen in: *Werbeforschung & Praxis* (1989). Zeitschrift der österreichischen und deutschen Werbewissenschaftlichen Gesellschaft.