

Norbert Olivier

Eine Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfes¹

1 Problemstellung

Sportliches Training als Gegenstand der Trainingswissenschaft wird in seinen wesentlichen Anteilen charakterisiert als Einwirkung auf menschliche Leistungspotenzen durch Eigenaktivität und Übungstätigkeit (SCHNABEL 1994, 16-17) bzw. als Handlungsprozess zur Entwicklung sportlicher Leistungszustände (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991, 16). Die Notwendigkeit einer trainingstheoretischen Rahmenkonzeption zur Beschreibung und Erklärung dieser „Einwirkungen“ bzw. „Entwicklungen“ wurde unter dem Gesichtspunkt der damit erforderlichen Interdisziplinarität mehrfach betont (MARTIN 1993, 20; HARRE/SCHNABEL 1993, 30). Es ist jedoch zu konstatieren, dass bislang kein befriedigendes trainingstheoretisches Rahmenkonzept vorliegt. Als kennzeichnend für diese Situation können die Diskussion um die Rolle der Trainingsbelastung (LEHNERT 1988, BERGER 1989, HARRE 1989, KRÜGER 1989), die konzeptionellen Arbeiten zum „Mechanismus der allgemeinen Adaptation“ von VIRU (1993; vgl. auch 1984) sowie teilweise auch die Bemühungen von TSCHIENE um eine neue

¹ Für kritische Anmerkungen zu früheren Manuskriptfassungen danke ich den Kollegen T. Leiber (Philosophie, Augsburg), W. Schönpflug (Psychologie, Berlin) und K. Willimczik (Sportwissenschaft, Bielefeld).

„Theorie des Trainings“ (1989; vgl. auch 1988; 1990; 1991; 1992; 1993; 1996; 1997; 1999) eingeordnet werden.

Eines der vielen Trainingsprinzipien der Trainingslehre wurde in den vergangenen Jahrzehnten in die Rolle eines solchen trainingstheoretischen Rahmenkonzepts gedrängt: das Superkompensationsprinzip. Bei näherer Betrachtung ist es jedoch mit dieser Aufgabe hoffnungslos überfordert. HARRE/SCHNABEL (1993, 34) stellen in diesem Zusammenhang fest: „Das theoretische Konzept bzw. die Modelle des Trainingsvorgangs lassen sich nicht, wie bisher oft geschehen, auf das Prinzip der Superkompensation reduzieren“ und FRIEDRICH/MOELLER (1999, 52) befürchten, dass Trainer in der Praxis auf eine falsche Fährte gelockt werden könnten.

Von dieser Situation ausgehend wird die Zielstellung verfolgt, die vorliegende Kritik am Superkompensationsprinzip zu bündeln und zu erläutern. Anschließend wird mit der Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfs ein neues trainingstheoretisches Rahmenkonzept entwickelt.

2 Superkompensation: Eine überholte theoretische Konzeption?

Das Prinzip der Superkompensation stellte viele Jahre und Jahrzehnte die theoretische Rahmenkonzeption für das Training der konditionellen Fähigkeiten dar und wird noch heute in vielen Lehrbüchern zumindest für den Energiestoffwechsel in diesem Sinne dargestellt (Abb. 1a).

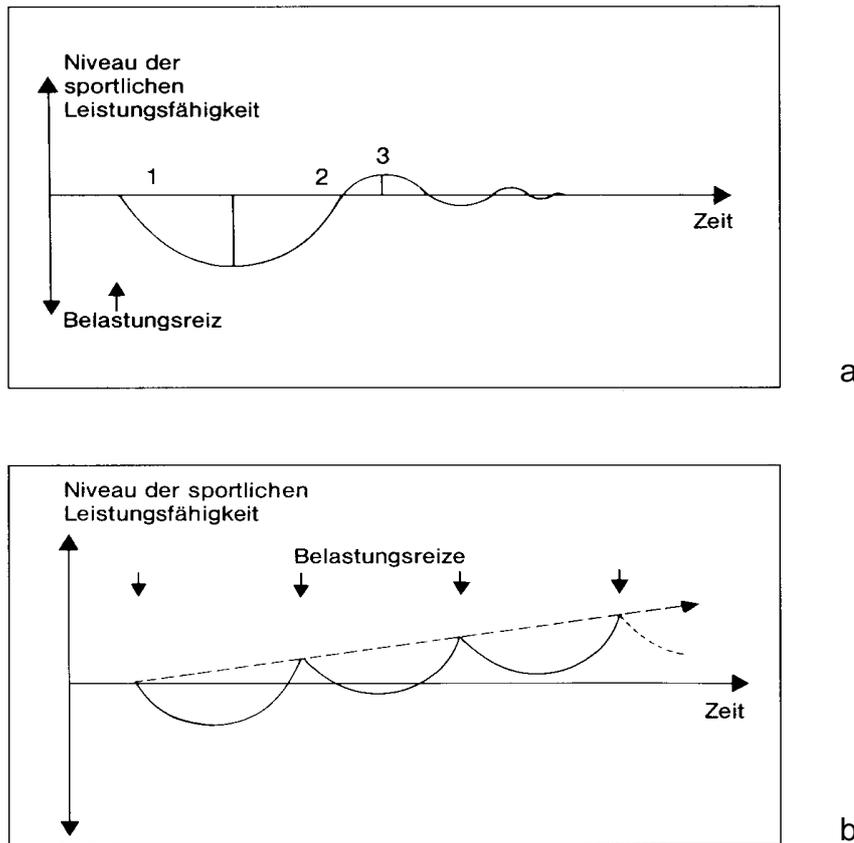


Abb. 1: Das Superkompensationsprinzip (modif. n. WEINECK 1994, 33)

Auf der y-Achse ist das Niveau der sportlichen Leistungsfähigkeit abgetragen, auf der x-Achse die Zeit. Ausgehend von einer Basis-Leistungsfähigkeit nimmt die Leistungsfähigkeit über die Dauer der Belastung ab². Eine solche belastungsbedingte, reversible Reduktion der Leistungsfähigkeit wird oft als Ermüdung verstanden (z.B. NITSCH 1970, 26-47; NITSCH 1976, 23; HOLLMANN/ HETTINGER 1980, 129-130; DE MARÉES 1981, 536; MARTIN 1982, 97; HARRE 1986, 72). Nach Ende der Belastung nimmt die Leistungsfähigkeit in der Erholungsphase wieder zu, und anschließend kommt es zu einer

² In der Abbildung von WEINECK(1994, 33) müssen die Pfeile „Belastungsreiz“ als Belastungsbeginn interpretiert werden und die Belastung jeweils bis zum

über das Basisniveau hinausgehenden Kompensation, der Superkompensation. Danach pendelt sich die Leistungsfähigkeit wieder im Bereich des Basisniveaus ein. Wenn jedoch während der Superkompensationsphase erneut belastet wird und dieser Vorgang wiederholt stattfindet, sollte sich die Leistungsfähigkeit kontinuierlich verbessern (s. Abb. 1b).

Dieses Prinzip ist ca. 70 Jahre alt und wird von JAKOWLEW (1977, 94) auf EMBDEN/HABS (1927) zurückgeführt. JAKOWLEW (zusammenfassend 1977) und andere russische Physiologen und Biochemiker haben Superkompensationseffekte später für verschiedene relevante Stoffwechselfsubstrate unter dem Gesichtspunkt der Homöostasestörung in Tierexperimenten untersucht. In frühen DDR-Jahren gelangte das Superkompensationsprinzip durch Übersetzungen der Werke von Jakowlew und Matwejew, einem ebenfalls russischen Trainingswissenschaftler, in den deutschen Sprachraum und wurde dann auch in der alten Bundesrepublik aufgegriffen.

Abb. 2 zeigt das Superkompensationsprinzip nach MATWEJEW/KOLOKOLOWA aus dem Jahre 1962, bei dem der Begriff "Arbeit" historisch bedingt noch im Vordergrund steht. Die Darstellung stimmt aber sonst weitgehend mit der aus dem Jahre 1994 überein.

Minimum des Niveaus der sportlichen Leistungsfähigkeit dauern. Ein tatsächlich „zeitlich-punktuelle“ Belastungsreiz erschiene unsinnig.

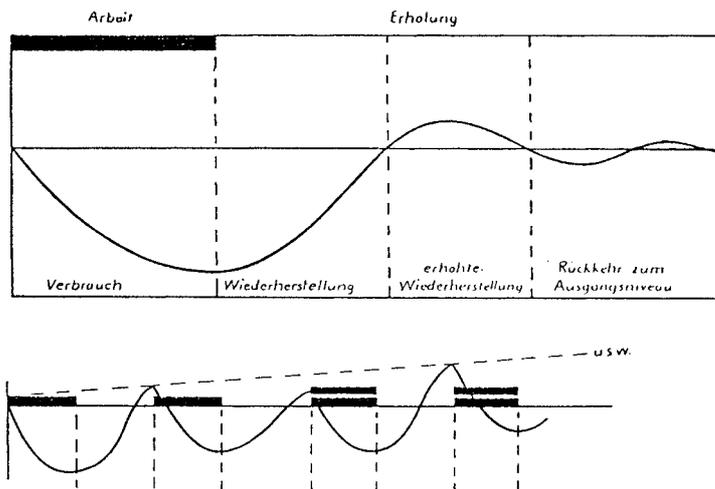


Abb. 2: Das Superkompensationsprinzip (modif. n. MATWEJEW/
KOLOKOLOWA 1962, 20)

STIEHLER (1974, 131-132) bezog die Superkompensation auf Muskelkraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Gewandtheit und Beweglichkeit und nannte den angestrebten Effekt „Übungseffekt“ (s. Abb. 3).

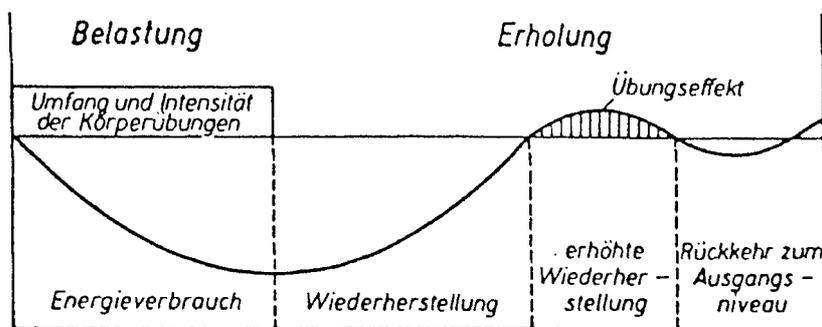


Abb. 3: Das Superkompensationsprinzip (n. STIEHLER 1974, 132)

MARTIN (1977, 48) übernahm im wesentlichen die Aussagen von STIEHLER (s.o.) bei inhaltlich identischer Abbildung und bezog das Prinzip auf die motorischen Grundeigenschaften (Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit; 36-37).

In den letzten Jahren wird das Superkompensationsprinzip in immer stärkerem Maße als grundlegendes Trainingsprinzip in Frage gestellt (vgl. MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991, 92-95; SCHLICHT 1992, 31-33; HARRE/SCHNABEL 1993, 34; FRIEDRICH/MOELLER 1999). Im wesentlichen werden vier Aspekte kritisch diskutiert.

(1) Der überzogene Geltungsbereich

Der starke Bedarf nach theoretisch fundierten Trainingsprinzipien führte dazu, dass der Geltungsbereich des Superkompensationsprinzips in vielen Lehrbüchern völlig überzogen dargestellt wurde. So wurde es häufig für sämtliche trainingsbedingten Anpassungen energetisch dominierter Teilleistungen, also der konditionellen Fähigkeiten, und für die Konzentration der hierfür relevanten energieliefernden Substrate herangezogen. Diese Annahme konnte jedoch bislang ausschließlich für den muskulären Glykogengehalt und hier auch nur in einem Teil der vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden (BLOM/COSTILL/VÖLLESTAD 1987; VIRU 1996, 4). Für die muskuläre Adenosintriphosphat- und Kreatinphosphat-Konzentration konnten Superkompensationseffekte bislang jedoch nicht ausreichend nachgewiesen werden.³

³ VIRU (1996, 3-4) beschreibt das Phänomen der Substrat-Superkompensation auch für das Kreatinphosphat in der Skelettmuskulatur als wiederholt bestätigt und bezieht sich für diese Aussage neben JAKOWLEW (1977) auf SALTIN/ESSEN (1971) und SÖDERLUND/HULTMAN (1990). Dies kann jedoch nicht nachvollzogen werden: VIRU (1996, 3) präsentiert eine auf JAKOWLEW (1977) beruhende Abbildung (Fig. 2), die sich in dieser Form überraschenderweise weder bei der angegebenen Quelle finden läßt, noch mit den entsprechenden Werten von Tab. 9 (JAKOWLEW 1977, 95) übereinstimmt. Darüberhinaus ist festzuhalten, daß es sich bei den Angaben von JAKOWLEW (1977, s.o.) um tierexperimentelle Befunde handelt, die in ihren quantitativen Angaben nicht direkt auf den Menschen

Vor allem in der Literatur der DDR, z.B. im Standardwerk von HARRE (1986, 71, 79), wurde das Prinzip darüber hinaus für das Training psychischer Leistungsfaktoren und sogar für das Techniktraining herangezogen. HARRE hat diese Ansichten jedoch revidiert (1994, 86-92).

(2) Das Ermüdungsproblem

Die notwendige Reduktion der Leistungsfähigkeit vor ihrer Superkompensation (Ermüdung, s.o.), spiegelt das Verständnis wider, dass die Ermüdung eines organismischen Teilsystems mit der Störung seiner Homöostase (JAKOWLEW 1972) gleichzusetzen wäre⁴. Dies steht in Übereinstimmung mit der Beschreibung der Ermüdung als Steuergröße sportlichen Trainings (z.B. MARTIN 1987, vgl. auch PAHLKE/PETERS 1991).

Der wissenschaftliche Ermüdungsbegriff - oder besser: die unterschiedlichen wissenschaftlichen Ermüdungsbegriffe - führen jedoch zu gravierenden logischen und forschungspraktischen Problemen, die in der allgemeinen Ermüdungsforschung, so z.B. bei SCHMIDTKE (1965), und insbesondere der speziellen "muskulären"

übertragen werden können. SALTIN/ESSEN (1971) beschreiben Erholungseffekte des muskulären Kreatinphosphatgehalts bei unterschiedlichen Intervallbelastungen und finden bei der gegebenen Belastungs-/Erholungsstruktur keinerlei Superkompensationseffekte. SÖDERLUND/HULTMAN (1990) ermitteln bei vier Personen und einer Belastung von 52 submaximalen Kontraktionen (Elektrostimulation) eine Veränderung von $84,5 \pm 6,36 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dry wt}$ in Ruhe auf $5,4 \pm 1,12 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dry wt}$ direkt nach der Belastung auf $90,0 \pm 11,30 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ dry wt}$ nach 15 min Erholung. Der Erholungseffekt wird jedoch nicht als statistisch bedeutsam ausgewiesen (463).

⁴ Ermüdung muß jedoch präziser als eine verminderte Homöostase-Regelgüte verstanden werden (NITSCH 1970, 124-133).

Ermüdungsforschung, z.B. bei EDWARDS (1981) und BIGLAND-RITCHIE (1981), heftig diskutiert wurden. Diese Diskussion soll hier nicht nachvollzogen werden (vgl. OLIVIER 1996, 39-41). Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, dass durchaus nicht alle organismischen Teilsysteme als spontane Belastungsreaktion eine Reduktion ihrer Leistungsfähigkeit zeigen. Das allgemeine zentralnervöse Aktivierungsniveau oder auch das Aktivitätsniveau des Herz-Kreislauf-Systems zeigen belastungsbedingte Zunahmen.

Am Beispiel der Kreatinkinase-Reaktion wird deutlich, dass eine Aktivierung organismischer Teilsysteme durchaus mit "Ermüdung" einhergehen kann. In der Kreatinkinase-Reaktion reagiert das Kreatinphosphat unter der Einwirkung des Enzyms Kreatinkinase mit Adenosindiphosphat zu Adenosintriphosphat, kurz ATP, dem tatsächlichen Brennstoff der Muskelzelle, und Kreatin. Eine Aktivierung dieser Reaktion findet zu Beginn jeder Muskelaktion statt, um das abgebaute ATP sofort zu resynthetisieren. Hiermit ist jedoch (unter zugegebenermaßen sehr abstrakter Perspektive) ebenfalls eine verringerte Leistungsfähigkeit gegeben, da der muskuläre Kreatinphosphatvorrat hierdurch verringert wird. Wir sehen also eine Aktivierung auf der einen, eine reduzierte Leistungsfähigkeit auf der anderen Seite. Es kann deshalb keinesfalls davon ausgegangen werden, dass der für eine Anpassung verantwortliche Faktor ausschließlich in der reduzierten Leistungsfähigkeit, der Ermüdung, zu sehen ist.

(3) Das Heterochronizitätsproblem

Schon JAKOWLEW (1967) thematisiert das Heterochronizitätsproblem der Superkompensation. Danach werden durch eine sportliche Trainings- oder Wettkampfbelastung eine Vielzahl von organismischen Teilsystemen angesprochen, die im zeitlichen Ablauf ihrer Wiederherstellung und potentiellen Superkompensation große Unterschiede aufweisen. Die Betrachtung angenommener Superkompensationseffekte der komplexen Größe "Leistungsfähigkeit", wie meist dargestellt, scheint deshalb nur wenig Sinn zu machen. Eine Differenzierung verschiedener organismischer Teilsysteme nach ihren unterschiedlichen Belastungsreaktionen ist für eine sinnvolle Leistungssteuerung unbedingt notwendig. Wenn z.B. ein Krafttraining langfristig danach vollzogen würde, in welchem Zeitraum mit einer Superkompensation am Muskelsystem (Leistungsfähigkeit) zu rechnen wäre, käme es möglicherweise zu einer fortschreitenden „Verminderung der Leistungsfähigkeit“ am Binde- und Stützsystem, d.h. zu Schädigungen durch wiederholte unvollständige Wiederherstellung (s. Abb. 4).

(4) Das Linearitäts- bzw. Kontinuitätsproblem

Die Linearitätsannahme bezüglich der Leistungssteigerung nach dem Superkompensationsprinzip oder die selbst unter Zulassung von Nichtlinearitäten zu formulierende Kontinuitätsannahme der Leistungssteigerung müssen stark bezweifelt werden. Sie widersprechen in hohem Maße der Trainingswirklichkeit (zu nennen wären hier die sogenannten Leistungsplateaus) sowie theoretischen Überlegungen (u.a. durch die implizite Annahme quasi unendlich möglicher Leistungssteigerungen gegenüber der Annahme indivi-

duell genetisch determinierter maximaler Anpassungsreserven, vgl. MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991, 95).

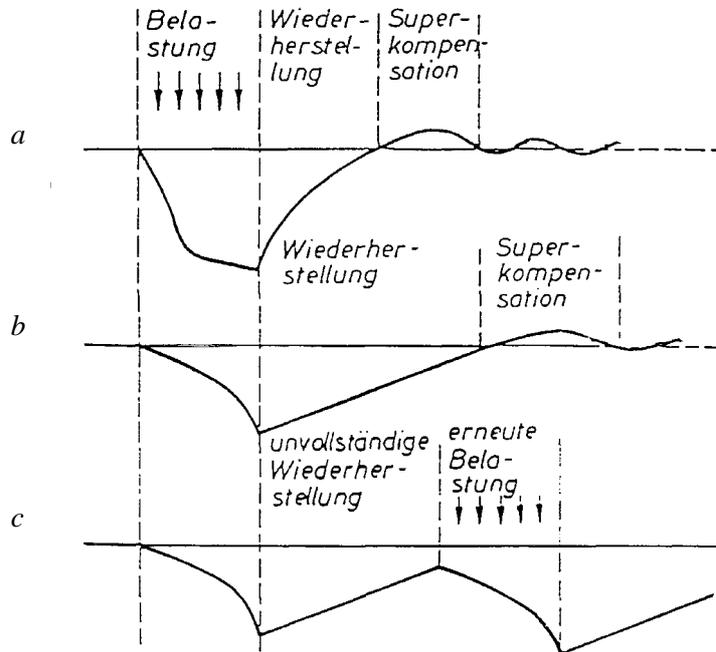


Abb. 4: Heterochronizität der Superkompensation:

(a) am Muskelsystem, (b) am Binde- und Stützsystem, (c) am Binde- und Stützsystem nach unvollständiger Wiederherstellung (hypothetische Verläufe, DIETRICH 1979, modif. n. BERTHOLD/THIERBACH 1981, 166)

Insgesamt wird deutlich, dass das Superkompensationsprinzip als trainingstheoretisches Rahmenkonzept ungeeignet ist. Sein eingeschränkter Geltungsbereich, seine Rekurrerung auf Ermüdung, sein Heterochronizitäts- und Linearitäts- bzw. Kontinuitätsproblem lassen sowohl seine trainingspraktische Verwertbarkeit als auch seine Eignung für die Systematisierung und Einordnung vorhandener Erkenntnisse sowie die Strukturierung zukünftiger Forschungsarbeiten als äußerst gering erscheinen.

3 Auf dem Weg zu einem neuen trainingstheoretischen Rahmenkonzept

Der vorliegende Ansatz versteht sich als Weiterführung der eingangs genannten Arbeiten auf einer theorieorientierten Ebene. Zielstellung ist die Errichtung einer theoretischen Rahmenkonzeption zur Beschreibung und Erklärung leistungsbeeinflussender Trainings- und Wettkampfeffekte, die es erlaubt, die vorhandenen Erkenntnisse und Erkenntnisdefizite einordnen und systematisieren zu können.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass der menschliche Organismus auf der Grundlage seiner erblichen Konstitution die Fähigkeit besitzt, auf die Umwelt zu reagieren, um ihre Faktoren für seine Existenz und Entwicklung zu nutzen oder sie wenigstens zu ertragen („ökologische Potenz“, MÜLLER 1982, 398). Als ausschlaggebender Umweltfaktor, der beim sportlichen Training bzw. Wettkampf zum Tragen kommt, wird die sportliche Belastung angesehen. Die Frage lautet dann, wie der menschliche Organismus auf Trainings- bzw. Wettkampfbelastungen reagiert, und wie es durch diese Reaktionen zu leistungsverändernden Anpassungen kommt.

3.1 Das ergonomische Belastungs-Beanspruchungs-Konzept

Zur Theoriebildung wird hier der Weg des "kreativen Transformierens" von Erfahrungen, Einsichten, Methoden und Erkenntnissen

aus einer anderen Wissenschaftsdisziplin einschlagen (WEINERT/SCHNEIDER/BECKMANN 1991, 33; vgl. auch OLIVIER 1996, 268). In einer forschungsmethodisch sehr verwandten Wissenschaft, der Arbeitswissenschaft, liegt mit dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept ein theoretischer Ansatz vor, der eine solche kreative Transformation geradezu fordert (vgl. WILLIMCZIK 1989; WILLIMCZIK/DAUGS/OLIVIER 1991, 8). In den folgenden Überlegungen soll geprüft werden, ob dieser Ansatz, entsprechend modifiziert, zu einem übergreifenden trainingstheoretischen Rahmenkonzept beitragen könnte.

Die Grundidee des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts ist der abgebildeten Karikatur zu entnehmen: In Abhängigkeit von (hier deutlich zu erkennenden) unterschiedlichen individuellen Voraussetzungen (Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten) führt eine gleiche Belastung zu verschiedenen Beanspruchungen. Im unteren Teil der Abbildung ist dieser Sachverhalt in schematischer Form dargestellt (s. Abb. 5).

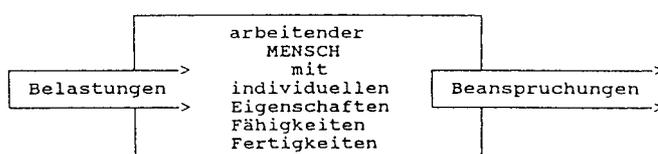
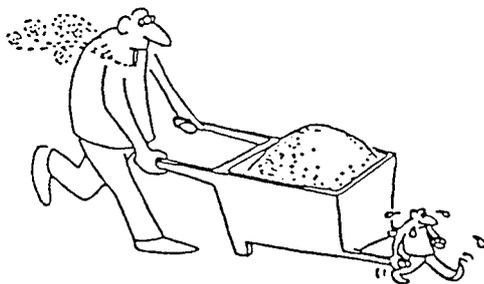


Abb. 5: Karikatur (LAURIG 1976, 79) und vereinfachtes Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (modif. n. ROHMERT 1984, 195)

Auf eine klare Trennung der Begriffe "Belastung" und "Beanspruchung" wird seit den siebziger Jahren gedrängt (z.B. ROHMERT 1973; ROHMERT/RUTENFRANZ 1975; zur Begrifflichkeit ausführlich SCHÖNPFLUG 1987, 130-144). Diese Bemühungen führten zur Formulierung von DIN-Normen, nach der (Arbeits-) Belastungen "die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse im Arbeitssystem, die auf den Menschen einwirken", umfassen. Mit der (Arbeits-) Beanspruchung wird "die individuelle Auswirkung der Arbeitsbelastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen Eigenschaften und Fähigkeiten bezeichnet" (nach DIN 33400/ISO 6385). Als individuelle Voraussetzungen versteht ROHMERT (1983, 10) individuelle Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Auf dieser als Basis-konzept zu verstehenden Modellvorstellung bauen nun eine Reihe weiterer Modelle auf, die sowohl die Belastungsseite als auch die Beanspruchungsseite weiter differenzieren.

Im phänomenorientierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzept werden die Belastungen durch Komponenten, Arten, die Höhe und die zeitliche Abfolge von Teilbelastungen beschreibbar. Die Aufgabe als eine Komponente der Belastung könnte im Sport z.B. das Laufen oder Rudern sein. Die Situation als weitere Komponente der Belastung wäre z.B. das Wetter (Regen oder Sonnenschein), möglicher Leistungsdruck oder auch sozialer Druck (Wettkampf oder Training) zu verstehen. In Abhängigkeit von diesen Komponenten können verschiedene Belastungsarten unterschieden wer-

den, neben anderen sind dies konditionelle bzw. informatorische Belastungen. Als konditionelle Belastungen werden z.B. Teilbelastungen bei der Bewältigung von Aufgaben definiert, die vorrangig mit der Bereitstellung und Abgabe von Energie durch Muskelarbeit einhergehen. Informatorische Belastungen wären demgegenüber Teilbelastungen bei der Bewältigung von Aufgaben, die vorrangig mit der Aufnahme, Verarbeitung und Abgabe von Information einhergehen (vgl. KIRCHNER 1986; vgl. auch OLIVIER 1993). Die Belastungshöhe wird durch die Intensität, den Umfang und die Dauer der jeweiligen Belastung beschrieben, die in der Trainingswissenschaft als Belastungsnormative gekennzeichnet werden. Es könnten dies etwa die Lauf- bzw. Rudergeschwindigkeit, die Anzahl auszuführender Diskuswürfe, die Dauer eines Ballwechsels im Volleyballspiel oder ähnliche Kennwerte sein. Die zeitliche Abfolge von Belastungen kann sukzessiv oder simultan erfolgen.

Dieses Belastungsgefüge, ROHMERT nennt es die "Komposition der Teilbelastungen" (1984, 196-197), führt auf der rechten Seite des Modells zu verschiedenen Teilbeanspruchungen. Diese Teilbeanspruchungen beziehen sich auf die Beanspruchung unterschiedlicher organismischer Teilsysteme des Menschen, hier z.B. das Skelettsystem, das neuromuskuläre System, verschiedene Emotionssysteme (vgl. GRAY 1982) und andere Teilsysteme. Der Grad der Beanspruchung zeigt sich in der Dynamik physiologischer und psychologischer Variablen bei Belastung (vgl. auch KIRCHNER 1986, 69-70) (s. Abb. 6).

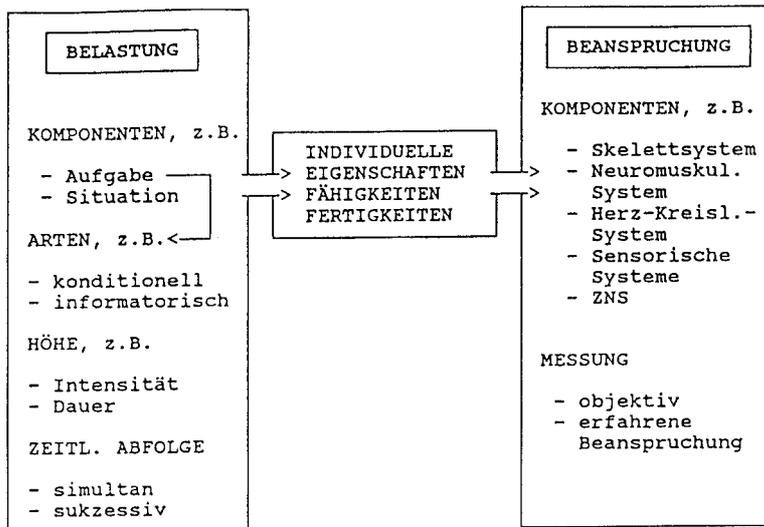


Abb. 6: Phänomenorientiertes Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (modif. n. ROHMERT 1983, 10)

Im Rahmen des sogenannten "Integrierten Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts" führt ROHMERT (1984, 199) die Handlungsregulation als Variable ein. Durch unterschiedliches menschliches Verhalten im Sinne einer Handlungskompetenz können bestehende Handlungsspielräume genutzt werden, um bei gegebenen Belastungen je nach Antriebs- und Dispositionsniveau abgegebene Leistungen und resultierende Beanspruchungen zu regulieren. Dieser Aspekt erscheint besonders wichtig. Er wird im nächsten Abschnitt in einem neuen Zusammenhang behandelt. Als weitere Überlegungen zum Belastungs-Beanspruchungs-Konzept sind die Unterscheidung von gegenwärtigen und zukünftigen Belastungen (z.B. SCHÖNPFLUG 1987, 143) sowie die zusätzliche Berücksichtigung der subjektiven Belastungsbewertung (z.B. SCHLICHT 1992) zu nennen.

Ein in dieser Weise verstandener Beanspruchungsbegriff vermeidet die mit dem Ermüdungsbegriff zusammenhängenden Prob-

leme, berücksichtigt in hohem Maße individuelle Voraussetzungen und liefert die Möglichkeit, Beanspruchungen differenziert zu betrachten. Wünschenswert erscheint jedoch, und darauf haben schon WILLIMCZIK/DAUGS/OLIVIER (1991, 17) und auch BÜSCH (1993, 24-28, im Rahmen seines „einfachen trainingswissenschaftlichen Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts“) hingewiesen, eine genauere Betrachtung dessen, was unter individuellen Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten zu verstehen sei. Hierfür wird der ressourcentheoretische Ansatz von SCHÖNPFLUG (1986; 1987; 1991) als geeignet angesehen.

3.2 Beanspruchungen und Ressourcen

Nach diesem Verständnis lassen sich Ressourcen als Mittel charakterisieren, die der Mensch einer Belastung entgegensetzen hat (SCHÖNPFLUG 1987, 151). Sie dienen der Belastungsbewältigung. Beanspruchungen sind dann als Grad der Ausschöpfung vorhandener Ressourcen zu verstehen. In einer groben Unterscheidung werden innere und äußere sowie strukturelle und konsumptive Ressourcen unterschieden (SCHÖNPFLUG 1986, 272-276; 1991, 30).

Innere strukturelle Ressourcen sind nach SCHÖNPFLUG (a.a.O.) persönliche Leistungsvoraussetzungen, deren Einsatz ohne kurzfristigen leistungsanalogen Abbau erfolgt. Als Beispiele werden „Gedächtnis“ und „Muskelpaket“ angeführt. In diesem Sinne wären z.B. technische Fertigkeiten, taktische Fertigkeiten und Copingstrategien mit ihren entsprechenden internen Repräsentationen sowie die Muskeln mit ihrer jeweiligen Anzahl von Muskelfasern und ihrer Zusammensetzung sowie der Sarkomerenzahl und dem Gehalt der entsprechenden Muskelfasern an Myofibrillen als innere strukturelle Ressourcen zu verstehen. In konsequenter Fortführung dieses Ansatzes gelten dann die Prozesse des Energieumsatzes und der Informationsverarbeitung in ihrem grundsätzlichen Funktionieren ebenfalls als strukturelle Ressource.

Demgegenüber sind innere konsumptive Ressourcen persönliche Leistungsvoraussetzungen, die einem kurzfristigen leistungsanalogen Abbau unterliegen. Beispiele hierfür sind die muskulären Adenosintriphosphat- (ATP-), Kreatinphosphat- (KP-) und Glyko-

genspeicher. Hierbei wird deutlich, dass innere konsumptive Ressourcen nicht als voneinander unabhängig und in einer begrenzten Menge vorrätig betrachtet werden dürfen. Jede Muskelkontraktion führt zu einem Abbau von ATP, ohne dass jedoch die sehr begrenzte ATP-Menge im Muskel stark reduziert wird. Sie sinkt auch bei höchsten Beanspruchungen nicht weit unter 50% der Ruhekonzentration (VANDENBORNE/MCCULLY/KAKIHIRA u.a. 1991; im Überblick OLIVIER 1996, 75-78). Hierfür sorgt die Resynthese von ATP, z.B. über die Kreatinkinase-Reaktion und einem entsprechenden Abbau von KP. Der muskuläre KP-Gehalt kann durch höchste Beanspruchungen bis unter 20% absinken (a.a.O.) Nach Belastungsende wird das KP durch Umkehrung der Kreatinkinase-Reaktion, auch „Lohmannsche Reaktion“ genannt, resynthetisiert. Das hierfür benötigte ATP wird durch oxydative Phosphorylierung auf Kosten weiterer innerer konsumptiver Ressourcen gebildet. (RÜEGG 1983, 50). Es werden jedoch nicht nur die sogenannten Energiespeicher als innere konsumptive Ressourcen verstanden, sondern z.B. auch der intra- bzw. extrazelluläre Wassergehalt (vgl. BROUNS 1993, 53-59). Aktivierung kann ebenfalls als Investition konsumptiver Ressourcen angesehen werden (SCHÖNPFLUG 1991, 31).

Unter äußeren Ressourcen werden alle natürlichen, technischen und sozialen Helfer und Hilfsmittel in der Umwelt verstanden. Eine äußere strukturelle Ressource wäre z.B. das Rennrad des Radsportlers, eine äußere konsumptive Ressource der Inhalt seiner Trinkflasche.

Der Einsatz der verschiedenen Ressourcenklassen ist nicht unabhängig voneinander und die Zuordnung von Ressourcen zu einzelnen Klassen ist auch nicht absolut zu verstehen:

- Unterschiedliche Bewegungstechniken als innere strukturelle Ressourcen werden z.B. im Skilanglauf bei gleicher Laufgeschwindigkeit eine unterschiedliche Ausschöpfung der für den Energiestoffwechsel relevanten Substratspeicher, d.h. innerer konsumptiver Ressourcen, erfordern.
- Unterschiedlich gut gleitende Ski als äußere strukturelle Ressourcen werden sich sowohl auf die realisierte Bewegungstechnik, d.h. innere strukturelle Ressourcen, als auch auf den Verbrauch der o.g. Substrate, d.h. innere konsumptive Ressourcen, auswirken.
- Wenn der Radsportler den kohlenhydrat- und wasserreichen Inhalt seiner Trinkflasche zu sich nimmt, werden aus äußeren innere konsumptive Ressourcen.
- Wenn z.B. bei sehr lang andauernden Belastungen Proteine abgebaut werden (vgl. BROUNS 1993, 36-43), wird deutlich, dass ihre Zuordnung zu inneren strukturellen bzw. inneren konsumptiven Ressourcen von ihrer aktuellen Funktion abhängig ist.

Als dominante Größe zur Regulation des Ressourceneinsatzes wird das Anspruchsniveau der jeweiligen Person angesehen. Die zentrale These des von SCHÖNPFLUG (1991) vertretenen verhaltensökonomischen Ansatzes besagt, dass die vorhandenen Ressourcen nach ökonomischen Grundsätzen verwaltet werden.

Letztlich eröffnen die unterschiedliche Kombinierbarkeit von Ressourcen und die Verschiebbarkeit des Anspruchsniveaus einen großen Handlungsspielraum für Training und Wettkampf (vgl. SCHÖNPFLUG 1991, 31).

Ein weiterer für unseren Zusammenhang zentraler Aspekt ist die Unterscheidung zwischen präparativen und exekutiven Beanspruchungen in Abhängigkeit ihrer Intention bezüglich der Ressourcen (SCHÖNPFLUG 1987, 169-170). Die im Training induzierten Beanspruchungen wären danach als "präparativ" zu verstehen, da sie auf die Vermehrung konsumptiver Ressourcen wie z.B. des Muskelglykogengehalts oder auf die Verbesserung struktureller Ressourcen wie z.B. das Erlernen neuer oder das Optimieren schon vorhandener Diskuswurftechniken abzielen. Es werden in Abhängigkeit des Trainingsziels bestimmte optimale Beanspruchungen angestrebt, um die gewünschten Anpassungen zu erzielen. Die erreichte Leistung erscheint hierbei nebensächlich. Die im Wettkampf auftretenden Beanspruchungen wären "exekutiv". Sie entstehen aus einer unmittelbaren Konfrontation mit einer Belastung, bei der die Zielstellung das Erreichen einer maximalen Leistung ist und die Beanspruchung nebensächlich erscheint. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Gegenüberstellung von präparativen und exekutiven Beanspruchungen keineswegs absolut gilt, sondern nur von der Zielsetzung abhängig ist. So sind Beanspruchungen während des Trainings durchaus auch exekutiver Natur, und umgekehrt haben Bean-

spruchungen im Wettkampf durchaus auch präparative Funktionen (Training durch Wettkampf).

Als Leistungsmaß wird dabei das absolute quantitative Maß verstanden, das zum inter- und intraindividuellen Vergleich in der jeweiligen Sportdisziplin bzw. Wettkampf- oder Trainingsübung herangezogen wird. „Absolut“ meint, dass z.B. für einen Sprintwettkampf nicht der erzielte Rangplatz (erster, zweiter usw.), sondern die benötigte Zeit in Sekunden gemeint ist (vgl. THORHAUER 1980; CARL 1984, 135-136).

Das o.g. Beispiel des Erlernens neuer Diskuswurftechniken macht deutlich, dass motorisches Lernen im Training bzw. im Wettkampf auf der Ebene dieses trainingstheoretischen Rahmenkonzepts als beanspruchungsbedingter Anpassungsprozeß verstanden wird. Diese Sichtweise wird nicht nur von SCHÖNPFLUG (s.o.) angeregt. Auch in der physiologischen Psychologie (z.B. BÖSEL 1987, 300-314) und der molekularen Neurobiologie (z.B. RAHMANN/RAHMANN 1988, 219) wird die Frage untersucht, inwieweit die Ausprägung neuronaler Verschaltungssysteme auch (neben ihrer genetisch bedingten Ausprägung) durch funktionelle Beanspruchungen der beteiligten Nervenzellen zustande kommen können.

3.3 Die Beziehungen zwischen Belastung, Anspruchsniveau, Beanspruchung und Leistung in Training und Wettkampf

Zur Belastungsbewältigung stehen dem Sportler bzw. der Sportlerin äußere und innere, strukturelle und konsumptive Ressourcen zur Verfügung, die er bzw. sie in Abhängigkeit von den Wettkampf- oder Trainingsbelastungen und dem Anspruchsniveau unterschiedlich einsetzt (vgl. Abb. 7).

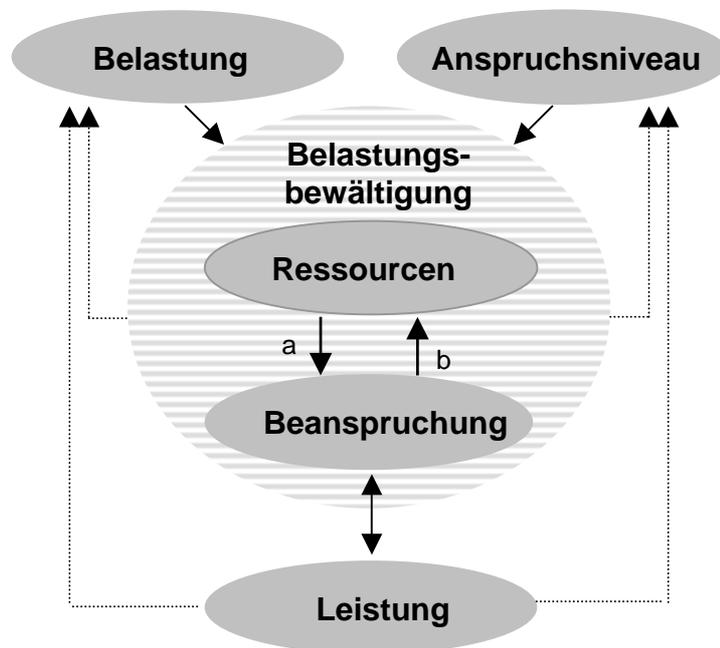


Abb. 7: Die wichtigsten Elemente und Beziehungen für ein Beanspruchungsmodell sportlichen Trainings und Wettkampfes

- a) Ressourcenauswahl und –einsatz
 - b) Ressourcenveränderungen
- (weitere Erläuterungen im Text)

Für das sportliche Training steht der präparative Charakter der Beanspruchungen im Vordergrund: Trainingsbelastungen sollten unter Berücksichtigung des Ressourcenpools und des zu antizipierenden individuellen Anspruchsniveaus derart gestaltet sein,

dass in Abhängigkeit vom Trainingsziel diejenigen optimalen Beanspruchungen induziert werden, die einerseits maximale Anpassungseffekte bewirken und andererseits Schädigungen vermeiden.

Für den sportlichen Wettkampf steht dagegen der exekutive Charakter der Beanspruchungen im Vordergrund: Wettkampfbelastungen führen bei einem anzunehmenden hohen Anspruchsniveau zu Ressourceneinsätzen, die sich an der maximal erreichbaren Leistung orientieren. Leistungsrelevante Ressourcenkombinationen erfolgen dabei optimal, die Ausschöpfung leistungsrelevanter innerer konsumptiver Ressourcen dagegen maximal.

Kurzfristig führen Beanspruchungen in Abhängigkeit ihrer Art, Intensität und Dauer zu einer Reduktion innerer konsumptiver Ressourcen. Dies kann zu einem veränderten Einsatz des Gesamt-Ressourcenpools mit entsprechenden Auswirkungen auf die Leistungen und Beanspruchungen führen. Überbeanspruchungen können kurzfristig auch zur Reduktion innerer struktureller Ressourcen führen, z.B. einer Schädigung der beanspruchten Muskulatur.

Langfristig führen Beanspruchungen in Abhängigkeit ihrer Art, Intensität und Dauer zu Veränderungen des Ressourcenpools und seiner Einsatzmöglichkeiten. Positive langfristige Veränderungen betreffen die Zunahmen innerer konsumptiver Ressourcen wie z.B. des oftgenannten muskulären Glykogengehalts. Sie betreffen auch die Verbesserung innerer struktureller Ressourcen wie z.B. die Zunahme von Querschnitt und Anzahl der Myofibrillen in der

Muskelfaser oder das Lernen besserer Bewegungstechniken. Verbesserungen innerer struktureller Ressourcen und Zunahmen innerer konsumptiver Ressourcen hängen dann zusammen, wenn z.B. die Zunahme von Querschnitt und Anzahl der Myofibrillen in der Muskelfaser mit einer Erhöhung des absoluten Kreatinphosphatgehalts des Muskels einhergeht. Positive langfristige Veränderungen betreffen ebenfalls den kombinierten Einsatz verschiedener Ressourcen auch unter Einbeziehung äußerer Ressourcen. Unter negativen langfristigen Veränderungen werden Reduktionen innerer konsumptiver Ressourcen verstanden, wie sie durch zu hohe Beanspruchungen im Stadium des sogenannten Übertrainings auftreten. Daneben können längerfristige Überbeanspruchungen durch Schädigungen z.B. des Muskel- und Sehnenapparates zu einer Reduktion innerer struktureller Ressourcen führen. Langfristig sollten solche positiven oder auch negativen Veränderungen zu Modifikationen der Trainings- und Wettkampfbelastungen führen.

4 Fazit und Ausblick

Die Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfes erhebt den Anspruch, Anpassungen verschiedenster organischer Teilsysteme als beanspruchungsbedingte Ressourcenveränderungen zu beschreiben und zu erklären.

Auf der Ebene der für die Trainingswissenschaft so wichtigen Theorieentwicklung bietet dieser Ansatz hervorragende Chancen: Seine theoretische und empirische Progressivität liegt in der Neu-

artigkeit der abzuleitenden Prognosen und der Möglichkeit ihrer empirischen Prüfung sowie in der gleichzeitigen Notwendigkeit zu einer weitergehenden Detaillierung und Spezifizierung. Die makroskopische Erklärungsebene der Rahmenkonzeption muss durch differenziertere Betrachtungen der verschiedenen Beanspruchungen und Ihrer Effekte gefüllt werden. Die Kenntnisse auf dieser mikroskopischen Ebene sind zum einen in verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen vorhanden. Sie sollten von Trainingswissenschaftlern systematisch gesammelt, verarbeitet und die Rahmenkonzeption eingearbeitet werden. Andererseits ist das vorliegende Wissen zur Zeit noch zu gering, um z.B. auch nur die wichtigsten Beanspruchungen und ihre Effekte eines spezifischen Krafttrainings, etwa für Abbau- und Aufbauprozesse kontraktile Eiweiße und den Kollagengehalt von Knochen- Haut- und Bindegewebszellen vorherzusagen. Diese Defizite ließen sich dadurch effektiver bearbeiten, dass systematisch die „weißen Flecken“ auf der Karte der Trainings- und Wettkampfbeanspruchungen und ihrer Effekte bearbeitet werden und die Zusammenarbeit von Trainingswissenschaftlern mit Wissenschaftlern anderer Fachrichtungen intensiviert wird.

Die praktische Bedeutung der Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfs wird davon abhängen, wie schnell und in welcher Differenziertheit die in der Trainingswissenschaft zur Zeit noch defizitären Kenntnisse der verschiedenen Beanspruchungen und Ihrer Effekte für die menschlichen Ressourcen verbessert werden. Differenzierte Kenntnisse sind notwendig, um an-

gestrebte Anpassungen durch gezielt eingesetzte, optimale Beanspruchungen induzieren und gleichzeitig unerwünschte Anpassungen oder Schädigungen vermeiden zu können.

Präzise Prognosen für beanspruchungsbedingte Anpassungen bei einem bestimmten Sportler werden allerdings auch dann schwierig bleiben. Sollte allerdings die von GOLDSPINK (1994, 213) angedeutete Möglichkeit wahr werden, würde die sich rasant entwickelnde Gentechnik diese Lücke füllen, trainingsbedingte Veränderungen bis in die Genexpression in Form von Transkription bzw. Translation von Einzelgenen bzw. Gengruppen beschreibbar und damit ein individuell optimales Training planbar machen. Die Kenntnis des kompletten menschlichen Genoms ließe voraussagen, „welcher Athlet das Zeug zu einem zukünftigen Weltrekordler mitbringt und wer nicht. Wenn sich eine solche Zukunftsversion verwirklichen lassen wird, müsste die Sportethik neu geschrieben werden“.

Literatur:

- BERGER, J.: Standpunkte zum Problem Trainingsbelastung. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 38(1989)2, 134-136.
- BERTHOLD, F./THIERBACH, P.: Zur Belastbarkeit des Halte- und Bewegungsapparates aus sportmedizinischer Sicht. In: Medizin und Sport 21(1981)6, 165-171.
- BIGLAND-RITCHIE, B.: EMG/Force relations and fatigue of human voluntary contractions. In: Exercise and Sports Science Review 9(1981), 75-117.
- BLOM, P.C.S./COSTILL, D.L./VÖLLESTAD, N.K.: Exhaustive running: inappropriate as a stimulus of glycogen supercompensation. In: Medicine and Science in Sports and Exercise 19(1987)4, 398-403.

- BÖSEL, R.: Physiologische Psychologie. Berlin: de Gruyter 1987.
- BROUNS, F.: Die Ernährungsbedürfnisse des Sportlers. Berlin: Springer 1993.
- BÜSCH, D.: Sportmotorisches Lernen und Ausdauerbelastungen. Frankfurt: Lang 1993.
- CARL, K.: Trainingswissenschaft. In: CARL, K./KAYSER, D./MECHLING, H./PREISING, W. (Hrsg.): Handbuch Sport, Bd. 1. Düsseldorf: Schwann 1984.
- DIETRICH, L.: Unveröffentlichtes Manuskript, 1979. Nach: BERTHOLD, F./THIERBACH, P.: Zur Belastbarkeit des Halte- und Bewegungsapparates aus sportmedizinischer Sicht. In: Medizin und Sport 21(1981)6, 165-171.
- EDWARDS, R. H. T.: Human muscle function and fatigue. In: PORTER, R./WHELAN, J. (eds.): Human muscle fatigue: physiological mechanisms. London: Pitman Medical 1981, 1-18.
- EMBDEN, B./HABS, H.: Über chemische und biologische Veränderungen der Muskulatur nach öfter wiederholter faradischer Reizung. In: Z. physiol. Chem. 171 (1927), 17-39.
- FRIEDRICH, W./MOELLER, H.: Zum Problem der Superkompensation. In: Leistungssport 29(1999)5, 52-55.
- GOLDSPINK, G.: Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaptation des Skelettmuskels. In: KOMI, P. V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutsche Ärzte 1994, 213-231.
- GRAY, G.: Neuropsychologie of anxiety. Oxford: University Press 1982.
- HARRE, D.: Die Herausbildung der sportlichen Leistungsfähigkeit. In: Autorenkollektiv, HARRE, D. (Red.): Trainingslehre. Berlin (DDR): Sportverlag 1986.
- HARRE, D.: Trainingsbelastung aus trainingsmethodischer Sicht. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 38(1989)2, 129-133.
- HARRE, D.: Morphologisch-funktionelle Anpassung in der Entwicklung der energetischen und konstitutionellen Leistungsvoraussetzungen. In: Trainingswissenschaft. Berlin: Sportverlag 1994, 86-92.

- HARRE, D./SCHNABEL, G.: Zur Entstehung, zum Stand und zur weiteren Entwicklung der Trainingswissenschaft. In: MARTIN, D./WEIGELT, S. (Hrsg.): Trainingswissenschaft. Selbstverständnis und Forschungsansätze. Sankt Augustin: Academia 1993, 23-36.
- HOLLMANN, W./HETTINGER, Th.: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart: Schattauer 1980.
- JAKOWLEW, N. N.: Biochemie des Sports. Studienmaterial, DHfK Leipzig 1967.
- JAKOWLEW, N. N.: Die Bedeutung einer Störung der Homöostase für die Effektivität des Trainingsprozesses. In: Medizin und Sport 12(1972)12, 367-373.
- JAKOWLEW, N. N.: Sportbiochemie. Leipzig: Barth 1977.
- KIRCHNER, J. H.: Belastungen und Beanspruchungen. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 40(1986)2, 9-74.
- KRÜGER, H.: Zum Problem der Trainingsbelastung aus der Sicht des motorischen Lernens. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 38(1989)3, 209-212.
- LAURIG, W.: Beanspruchungsermittlung. In: BRENNER, W./ROHMERT, W./RUTENFRANZ, J. (Hrsg.): Ergonomische Aspekte der Arbeitsmedizin. Stuttgart: Gentner 1976, 79-87.
- LEHNERT, A.: Training und Trainingsbelastung - Gegenstand, Wechselbeziehungen, Probleme. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 37(1988)2, 239-247.
- MAREES, H. : Sportphysiologie. Mühlheim: Tropon 1981.
- MARTIN, D.: Grundlagen der Trainingslehre; Teil I: Die inhaltliche Struktur des Trainingsprozesses. Schorndorf: Hofmann 1977.
- MARTIN, D.: Grundlagen der Trainingslehre; Teil II: Die Planung, Gestaltung, Steuerung des Trainings und das Kinder- und Jugendtraining. Schorndorf: Hofmann 1982.
- MARTIN, D.: Ermüdung als Steuergröße im Training. In: Sportwissenschaft 17(1987)4, 378-393.
- MARTIN, D.: Zum Selbstverständnis der Trainingswissenschaft. In: MARTIN, D./WEIGELT, S. (Hrsg.): Trainingswissenschaft.

- Selbstverständnis und Forschungsansätze. Sankt Augustin: Academia 1993, 9-22.
- MARTIN, D./CARL, K./LEHNERTZ, K.: Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hofmann 1991.
- MATWEJEW, L. P./KOLOKOLOWA, W. M.: Allgemeine Grundlagen der Körpererziehung. Berlin (DDR): Sportverlag 1962.
- MÜLLER, H. J.: Beziehungen zur Umwelt. In: LIBBERT, E. (Hrsg.): Allgemeine Biologie. Stuttgart: Fischer 1982, 386-433.
- NITSCH, J. R.: Theorie und Skalierung der Ermüdung. Dissertation, Universität Köln, Köln 1970.
- NITSCH, J. R.: Zur Theorie der sportlichen Beanspruchung. In: NITSCH, J. R./UDRIS, I.: Beanspruchung im Sport. Bad Homburg: Limpert 1976, 15-41.
- OLIVIER, N.: Belastungen und Beanspruchungen im Techniktraining - Skizze eines Forschungsansatzes. In: MARTIN, D./WEIGELT, S. (Hrsg.): Trainingswissenschaft - Selbstverständnis und Forschungsansätze. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Nr. 53, Sankt Augustin: Academia 1993, 201-205.
- OLIVIER, N.: Techniktraining unter konditioneller Belastung. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, Band 83. Schorndorf: Hofmann 1996.
- PAHLKE, U./PETERS, H.: Zur Wiederherstellung nach sportlicher Belastung. In: Leistungssport 21(1991)4, 7-11.
- RAHMANN, H./RAHMANN, M.: Das Gedächtnis. Neurobiologische Grundlagen. München: Bergmann 1988.
- ROHMERT, W.: Psycho-physische Belastung und Beanspruchung von Fluglotsen. Berlin: Beuth 1973.
- ROHMERT, W.: Formen menschlicher Arbeit. In: ROHMERT, W./RUTENFRANZ, J. (Hrsg.): Praktische Arbeitsphysiologie, , Stuttgart 1983³, 10.
- ROHMERT, W.: Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: Zeitschrift für Arbeits-wissenschaft 38(1984)4, 193-200.
- ROHMERT, W./RUTENFRANZ, J.: Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen

- industriellen Arbeitsplätzen. Bonn: Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung 1975.
- RÜEGG, J.C.: Muskel. In: Schmidt, R.F./Thews, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. Berlin 1983, 34-53.
- SALTIN, B./ESSEN, B.: Muscle glycogen, lactate, ATP, and CP in intermittent exercise. In: PERNOW, B./SALTIN, B.(Hrsg.): Muscle metabolism during exercise. New York 1971, 419-424.
- SCHLICHT, W.: Das sportliche Training: Überlegungen auf dem Weg zu einem integrierten Belastungs-Beanspruchungskonzept. In: JANSSEN, J.-P./SCHLICHT, W./RIECKERT,H./CARL,K. (Hrsg.): Belastung und Beanspruchung. Köln: Strauß 1992, 31-44.
- SCHMIDTKE, H.: Die Ermüdung. Bern: Huber 1965.
- SCHNABEL, G.: Gegenstand, Stellung und Methoden der Trainingswissenschaft. In: SCHNABEL, G./HARRE, D./BORDE, A.: Trainingswissenschaft. Berlin: Sportverlag 1994, 16-31.
- SCHÖNPFLUG, W.: Effort regulation and individual differences in effort expenditure. In: HOCKEY, G. R./GAILLARD, A. W. K./COLES, M. G. H. (Eds.): Energetics and human information processing. Dordrecht: Nijhoff 1986, 271-283.
- SCHÖNPFLUG, W.: Beanspruchung und Belastung bei der Arbeit - Konzepte und Theorien. In: KLEINBECK, U./RUTENFRANZ, J. (Hrsg.): Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Praxisgebiete, Serie III, Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie, Bd. 1. Göttingen: Hogrefe 1987, 130-184.
- SCHÖNPFLUG, W.: Von der Aktivierungstheorie zur Ressourcentheorie: Die Regulation von Aktiviertheitszuständen. In: JANSSEN, J./HAHN, E./STRANG, H. (Hrsg.): Konzentration und Leistung. Göttingen: Hogrefe 1991, 27-36.
- SÖDERLUND, K./HULTMAN, E.: ATP content in single fibres from human skeletal muscle after electrical stimulation and during recovery. In: Acta Physiologica Scandinavica 139(1990), 459-466.

- STIEHLER, G. (Red.): Methodik des Sportunterrichts. Berlin: Sportverlag 1974.
- THORHAUER, H.A.: Zum Begriff „sportliche Leistung“ unter trainingswissenschaftlicher Sicht. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 29(1980)2, 137-242.
- TSCHIENE, P.: Der qualitative Ansatz zu einer Theorie des Trainings. In: Leistungssport 18(1988)3, 8-11.
- TSCHIENE, P.: Die neue „Theorie des Trainings“ und ihre Interpretation für das Nachwuchstraining. In: Leistungssport 19(1989)4, 11-17.
- TSCHIENE, P.: Der aktuelle Stand der Theorie des Trainings. In: Leistungssport 20(1990)3, 5-9.
- TSCHIENE, P.: Die neue Theorie des Trainings und ihre Interpretation für das Nachwuchstraining. In: DIGEL, H. (Hrsg.): Wettkampfsport. Wege zu einer besseren Praxis. Aachen: Meyer und Meyer 1991, 64-78.
- TSCHIENE, P.: Theorie des Trainings: mit oder ohne Prioritätssetzung. In: Leistungssport 22(1992)1, 34-36.
- TSCHIENE, P.: Transformation von Trainingseffekten oder langfristig gezielte Anpassung durch Belastung? In: Leistungssport 23(1993)6, 4-6.
- TSCHIENE, P.: Theoriebildung nur auf der Basis von Adaptationsmodellen. In: Leistungssport 26(1996)6, 13-17.
- TSCHIENE, P.: Theorie des konditionellen Trainings: Belastungsklassifizierung und Methodenmodellierung unter adaptivem Aspekt. In: Leistungssport 27(1997)4, 21-25.
- TSCHIENE, P.: Neue Impulse zur Theoriegründung für die Leistungssteigerung im Wettkampfsport. In: Leistungssport 29(1999)5, 19-22.
- VANDENBORNE, K./MCCULLY, K./KAKIHIRA, H./PRAMMER, M./BOLINGER, L./DERTE, J.A./DE MEIRLEIR, K./WALTER, G./CHANCE, B./LEIGH, J.S.: Metabolic heterogeneity in human calf muscle during maximal exercise. In: Procl. Natl. Acad. Sci. USA 88(1991) (Vorabdruck).

- VIRU, A.: The mechanism of training effects: A Hypothesis. In: International Journal of Sports Medicine 5(1984), 219-227.
- VIRU, A.: Der Mechanismus von Training und Adaptation. In: Leistungssport 23(1993)5, 5-8.
- VIRU, A.: Postexercise recovery period: carbohydrate and protein metabolism. In: Scandinavian Journal of Medicine and Sports 6(1996)1, 2-14.
- WEINECK, J.: Optimales Training. Balingen: Perimed 1994.
- WEINERT, F. E./SCHNEIDER, W./BECKMANN, J.: Fähigkeitsunterschiede, Fertigkeitstraining und Leistungsniveau. In: DAUGS, R./MECHLING, H./BLISCHKE, K./OLIVIER, N. (Hrsg.): Sportmotorisches Lernen und Techniktraining, Schorndorf 1991 i.D.
- WILLIMCZIK, K.: Wissenschaftstheoretisches Postulat und empirische Nützlichkeit - zur Forderung nach einer interdisziplinären Theoriebildung. In: DAUGS, R./LEIST, K.-H./ULMER H.-V. (Hrsg.): Motorikforschung aktuell. dvs-Protokolle, Nr. 35. Clausthal-Zellerfeld: dvs 1989, 80-95.
- WILLIMCZIK, K./DAUGS, R./OLIVIER, N.: Belastung und Beanspruchung als Einflußgrößen der Sportmotorik. In: OLIVIER, N./DAUGS, R. (Hrsg.): Sportliche Bewegung und Motorik unter Belastung. dvs-Protokolle, Nr. 44. Clausthal-Zellerfeld: dvs 1991, 6-28.