

## 1. Einleitung

Die Themen Gesundheit und Leistungsfähigkeit erfahren in der heutigen Gesellschaft ein zunehmendes Interesse. Nicht zuletzt bedingt durch den technischen Fortschritt und die Schnelllebigkeit der heutigen Zeit, müssen Menschen immer schneller auf situative Veränderungen in ihrer Umwelt reagieren. Der Erhaltung und Förderung der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Gesunderhaltung als Voraussetzung für deren Existenz kommt dabei eine ganz besondere Rolle zu. In diesem Zusammenhang rückt, durch die wachsende Zahl an Publikationen und der rasant fortschreitenden Forschung, auch die Ernährung immer weiter in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Indizien dafür sind beispielsweise die, wenn auch nicht immer seriösen und kompetenten Berichterstattungen in den Medien oder die Flut von ernährungsbezogenen Publikationen. So finden sich nun auch vermehrt in sportartspezifischen Schriften kleine Teilkapitel, die über eine sportartgerechte Ernährung Auskunft geben.<sup>1</sup> Genährt durch den Zusammenhang zwischen Ernährung und Gesundheit war das Interesse an situationsangepasster Ernährung noch nie so hoch wie heute. Gleichzeitig führte aber die Entwicklung in den Industriestaaten dazu, dass sich eine Fehl- und Überernährung herausbildete, die gemeinhin als „Zivilisationskost“ bezeichnet wird.<sup>2</sup> Diese durch höhere künstliche Verarbeitungsstufen gekennzeichnete Nahrung beinhaltet vorwiegend „leere Kalorienträger“, womit im Wesentlichen der hohe Anteil an einfachen Zuckern und Auszugsmehlen sowie eine insgesamt zu fettreiche Ernährung und ein übermäßiger Alkoholkonsum gemeint sind. Im Zusammenhang mit dem in den Industriestaaten vorherrschenden Bewegungsmangel ist diese Ernährungspraxis nicht in der Lage, Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu erhalten und wird zunehmend mit verschiedenen Krankheiten, wie beispielsweise der Gruppe der Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Krebs, in Verbindung gebracht.<sup>3</sup>

Die Bedeutung der Ernährung in der sportwissenschaftlichen Praxis und mithin im Leistungssport ist mittlerweile unumstritten, was nicht zuletzt durch die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Thema und die recht zahlreichen neueren Publikationen auf diesem Gebiet dokumentiert wird.<sup>4</sup> Der Sporternährung kommt dabei die Aufgabe zu, die erhöhten Energie- und Nährstoffverluste der Sportler auszugleichen, um auf der einen Seite durch eine vollwertige und ausgewogene Ernährung zu ihrer Gesunderhaltung beizutragen und ihnen auf

---

<sup>1</sup> Vgl. Schlockermann/Mackerodt 2000; Ferrauti/Maier/Weber 2002 u.a.

<sup>2</sup> Vgl. Konopka 2002; Neumann 2003 u.a.

<sup>3</sup> ebenda

<sup>4</sup> Vgl. Schek 2002, 2003; Tank 2004; Geiss/Hamm 2000; Konopka 2002 u.a.

der anderen Seite eine optimale Plattform zur Entfaltung ihrer Leistungsfähigkeit zu bieten. So sind Spitzenleistungen überhaupt nur durch Gesundheit und ein Höchstmaß an Leistungsfähigkeit möglich. Dabei ist allerdings zu bedenken, dass eine adäquate Ernährung allein noch keine Leistung impliziert – sie ist vielmehr eine unabdingbare Voraussetzung der Leistungs-optimierung im Gefüge aus optimalem Training, psycho-physischer Wettkampfvorbereitung sowie den personellen Faktoren und Umweltbedingungen.<sup>5</sup> So können beispielsweise im Hochleistungssport geringe Fehler bezüglich der Ernährung einen gewünschten Trainingserfolg zunichte machen oder im Wettkampf zu einem vorzeitigen Leistungseinbruch führen.<sup>6</sup> Dieser Aspekt gewinnt besonders vor dem Hintergrund stetig steigender Leistungsdichten im Hochleistungssport an Bedeutung. Soll sich der gewünschte Erfolg einstellen, müssen somit alle die Leistung beeinflussenden Faktoren optimiert werden, wozu neben dem Training und der Wettkampfvorbereitung auch insbesondere ein bedarfsangepasstes Ernährungsverhalten gehört.

Dieser Sachverhalt lässt sich auch in der noch relativ jungen Sportart Beachvolleyball nicht verleugnen, die spätestens seit ihrer olympischen Premiere in Atlanta 1996 zu den etablierten Sportarten gehört und deren Beliebtheit und kommerzielles Wachstum oft mit der einstigen Entwicklung im Tennis verglichen wird.<sup>7</sup> Dadurch angetrieben ist auch hier die Weltspitze deutlich enger zusammengerückt. Brasilien und die USA sind zwar immer noch führende Nationen, aber andere, wie beispielsweise Deutschland, die Schweiz oder Argentinien drängen zunehmend in diesen Bereich vor und beanspruchen die vordersten Plätze.

Dies bestätigen auch Schlockermann/Mackerodt<sup>8</sup>, wenn sie in der Einleitung zu ihrem Buch die Faszination Beachvolleyball beschreiben. „Wer nicht an seine Grenzen geht, hat keine Chance auf den Sieg“,<sup>9</sup> womit die psychophysische Beanspruchung in dieser Sportart schon recht gut charakterisiert wird. Jeder der Volleyball zumindest in seiner Freizeit spielt und von der Halle auf den sandigen Bodenbelag wechselt, wird die körperlichen Anstrengungen sowie die koordinativen Ansprüche dieses Spiels nachvollziehen können. Wird Beachvolleyball auch wettkampfmäßig betrieben, kommt zu der physischen auch noch eine hohe psychische Belastung dazu, welche von verschiedenen Faktoren, wie beispielsweise den variablen Umweltbedingungen, beeinflusst wird.<sup>10</sup> Dies ist die eine, die leistungssportliche Seite dieser

---

<sup>5</sup> Vgl. Konopka 2002; Geiss/Hamm 2000

<sup>6</sup> ebenda

<sup>7</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>8</sup> Vgl. Schlockermann/Mackerodt 2000

<sup>9</sup> Schlockermann/Mackerodt: Beachvolleyball, 2000, 11

<sup>10</sup> Vgl. Vetter 1998

Sportart, welche die gleichen Ansprüche in Bezug auf das Training, die Wettkampfvorbereitung und eine bedarfsangepasste Ernährung stellt, wie es weiter oben bereits beschrieben wurde.

Immer wieder wird aber auch der funsportliche Charakter dieser Sportart betont. So gehören der Spaß und ein gewisses Spektakel, eine Art ungezwungenes Lebensgefühl am Strand ähnlich der Surfszene sowie die partyhafte Atmosphäre, die sich manchmal bis in die Nacht hinein fortsetzt ebenso zu diesem Sport dazu. Sicher haben beide Seiten dazu beigetragen, dass Beachvolleyball einen derart steilen Aufschwung genossen hat.

Wie aber kommen nun diese beiden Seiten in Bezug auf die Ernährung zusammen? Zahlreiche Studien<sup>11</sup> in verschiedenen Sportarten belegen immer wieder, dass sich Sportler und auch Leistungssportler oft gar nicht oder nur mangelhaft sportgerecht ernähren. Aus den neueren Studien dieser Art geht hervor, dass sich zwar das Ernährungswissen im Verlauf der Jahre deutlich verbessert hat, die Umsetzung in die Praxis aber oft noch mit Problemen behaftet ist. Saris<sup>12</sup> stellte beispielsweise fest, dass gerade Ballsportler (Mannschaftssportler) einen zu geringen Kohlenhydratanteil in ihrer Nahrung aufweisen. Weiterhin wird in der Literatur<sup>13</sup> berichtet, dass diese durch ihre Turnierserien oft auf Hotelessen oder Clubrestaurants vertrauen müssen, wo der Fettanteil in der Regel relativ hoch ist. Ein gutes Beispiel hierfür sind im Allgemeinen die international spielenden Tennisprofis, welche oftmals von Turnier zu Turnier reisen und so kaum die Chance haben in ihrer gewohnten Umgebung auf die Nahrungszubereitung Einfluss zu nehmen. Die Situation im Beachvolleyball ist hier vielfach vergleichbar, da auch die auf der World Tour spielenden Beachprofis ein großes Trainings- und Turnierpensum abseits ihres Wohnortes an internationalen Spielorten absolvieren müssen. Hier erschließt sich ein weiteres Problem, da in den verschiedenen Ländern die Traditionen der Nahrungszubereitung doch recht unterschiedlich sind. Dies erfordert wiederum spezielle Kenntnisse diesbezüglich, was die bedarfsgerechte Nahrungszufuhr zusätzlich erschwert.

Diese Ausführungen lassen bereits unschwer erkennen, welche Probleme eine vollwertige, die Leistungsentfaltung optimal unterstützende Ernährung mit sich bringt.

Anspruch dieser Arbeit soll es sein, die in der Literatur befindlichen Ernährungsempfehlungen für die Sportart Beachvolleyball zusammenzutragen. Anzumerken ist diesbezüglich,

---

<sup>11</sup> Vgl. Osterkamp-Baerens/Pogan 2003; Busch 1997; Oberrauch 1996; Economos et al. 1993 u.a.

<sup>12</sup> Vgl. Saris 1989

<sup>13</sup> Vgl. Busch 1997 u. Saris 1989

dass ein Großteil der Informationen aus der allgemeinen Sporternährungsliteratur bezogen werden muss, da beachvolleyballspezifisch nur sehr wenige Publikationen vorliegen.<sup>14</sup> Im empirischen Teil dieser Arbeit sollen mittels Schätz- und Wiegemethode sowie einer Befragung europäischer Spitzenathleten die Ernährungspraktiken allgemein sowie vor, während und nach der sportlichen Belastung untersucht werden. Weiterhin wird angestrebt Informationen über das Ernährungswissen sowie dem generellen Interesse bzw. der Bedeutung, die diesem Thema beigemessen wird, zu erhalten. Schließlich sollen die gewonnenen Ergebnisse in einer Diskussion den in der Literatur gegebenen Ernährungsempfehlungen gegenübergestellt werden und daraus Hinweise auf Verbesserungsmöglichkeiten für die Spieler abgeleitet werden.

---

<sup>14</sup> Vgl. Tank 1998, 2004; Schlockermann/Mackerodt 2000

## 2. Ernährung im Sport

### 2.1 Anspruch und Bedeutung der vollwertigen Ernährung im Sport

Die Nahrung gehört zu den Grundbestandteilen des Lebens, weshalb unsere Nahrungsmittel auch als Lebensmittel bezeichnet werden. Sie sind dazu bestimmt, in unverändertem, zubereitetem oder verarbeiteten Zustand vom Menschen verzehrt zu werden.<sup>16</sup> Unter Sporternährung versteht man eine quantitativ, qualitativ und zeitlich optimale Zufuhr von Flüssigkeit, energetisch nutzbaren Nahrungsbestandteilen (Kohlenhydrate, Fette) sowie deren Aufbau- und

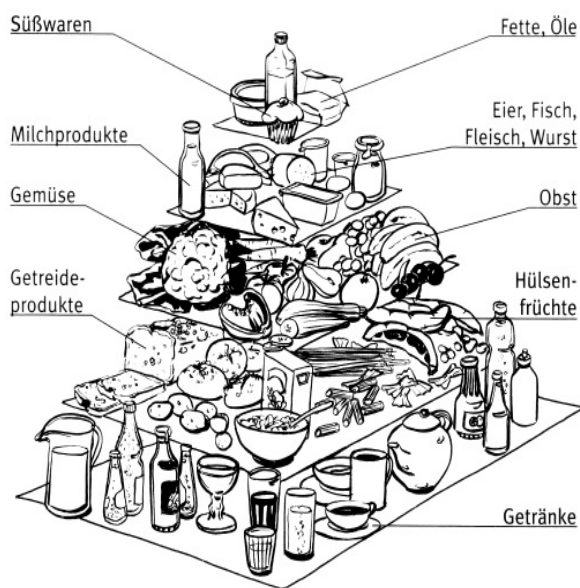


Abb.1: Ernährungspyramide<sup>15</sup>

Wirkstoffen (Eiweiße, Vitamine, Mineralstoffe).<sup>17</sup> So sollte, wie eingangs bereits erwähnt, eine bedarfsangepasste Sporternährung vor allem zwei Dinge leisten. Sie sollte die Leistungsentfaltung optimal unterstützen bzw. fördern und zur Gesunderhaltung des Sportlers beitragen. So muss sie den erhöhten Energie- und Nährstoffbedarf des Sportlers decken und ihm sämtliche Substanzen zuführen, die nach aktuellem Wissensstand zu seiner Gesunderhaltung förderlich sind. Weiterhin erfüllt sie im Sport wichtige Aufgaben, durch das Wiederauffüllen entleerter Energiespeicher, im Zuge

der Regeneration und somit zur Steigerung bzw. Wiedererlangung der Leistungsfähigkeit. In diesem Sinne soll als vollwertig diejenige Ernährung angesehen werden, die sowohl ausgewogen in der Nährstoffzusammensetzung, wie auch abwechslungsreich in der Lebensmittelauswahl ist.<sup>18</sup> Ebenfalls sollte eine geeignete Sporternährung vorwiegend gering verarbeitete bzw. verfeinerte Lebensmittel enthalten, da mit zunehmender Verarbeitungsstufe die Nährstoffdichte (Quotient aus Nährstoff- und Energiezufuhr) abnimmt. Diese Grundregeln einer gesunden und ausgewogenen Ernährung finden in der Ernährungspyramide, welche von den U.S. Behörden für Landwirtschaft und Gesundheit entwickelt wurde, ihren Ausdruck.

<sup>15</sup> Wagner/Schröder: Essen Trinken Gewinnen, 2002, 14

<sup>16</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>17</sup> Vgl. Diebschlag 1985

<sup>18</sup> Vgl. Schek 2002

Diese Darstellung zeigt die Umsetzung dieser Ernährungsweise. Von der breiten Basis dieser Pyramide sollte viel und von der Spitze wenig verzehrt werden. Dabei haben Getreideprodukte (Brot, Nudeln, Reis) einen Anteil von 40 Prozent und Kartoffeln, Gemüse, Salat und Obst einen Anteil von 35 Prozent. Dies entspricht den Empfehlungen<sup>19</sup> einer fettarmen und natürlich vitaminreichen Ernährung. Weiterhin enthalten diese Produkte viele Mineralstoffe, Ballaststoffe sowie die immer bedeutender werdenden sekundären Pflanzenstoffe. Milch-erzeugnisse, Eier, Fisch, Geflügel, Fleisch und Wurst sollten lediglich mit einem Anteil von 20 Prozent verzehrt werden. Dabei liefern Milchprodukte wertvolles Calcium und Vitamin B2, fettreiche Seefische Jod, Selen und wichtige  $\omega$ -3 Fettsäuren sowie Fleisch vor allem Eisen und B-Vitamine. Fette, Öle und Süßigkeiten sollten sparsam verwendet werden. Ihr Anteil sollte 5 Prozent nicht übersteigen. Die Fette und Öle sollten überwiegend pflanzlicher Herkunft und reich an essentiellen sowie einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren sein. Um die Bedeutung der Getränke hervorzuheben, wurden sie in dieser Darstellung ganz unten angefügt. Es sollten täglich, mit Bevorzugung zuckerfreier Getränke, mindestens 1,5 Liter Flüssigkeit zugeführt werden. Dabei sollten alkoholische Getränke nur in kleinen Mengen und nicht täglich konsumiert werden (bis 20/10g Männer/Frauen pro Tag  $\approx$  0,5l Bier).

Anzumerken ist, dass es in der Literatur und in der gesamten „Sporternährungsszene“ (Firmen, Ärzte, Wissenschaftler etc.) unterschiedliche Ansichten in Bezug auf eine vollwertige Sporternährung gibt, welche zum Teil auch von kommerziellen Interessen geprägt sind. So wird von einigen eine gesundheitsorientierte, vollwertige Kost, wie sie weitgehend auch dem „Durchschnittsbürger“ empfohlen wird, für Sportler als ungeeignet bezeichnet.<sup>20</sup> Diese könnten nur durch spezielle Zusatzpräparate den gewünschten Erfolg erlangen. Konopka<sup>21</sup> nennt fünf Gründe, die für einen sinnvollen Einsatz von Nährstoffkonzentraten (Proteine, Kohlenhydrate, Mineralstoffe, Vitamine bzw. deren Mischungen) in Ergänzung zur gesunden Basisernährung sprechen:

- Eine hohe Nährstoffdichte bei kleinem Volumen,
- Ein spezifisches Nährstoffspektrum,
- Keine unerwünschten Begleitstoffe wie Fette, Cholesterin und Purine,
- Eine gezielte Ergänzung des sportartspezifischen Bedarfs,

---

<sup>19</sup> Vgl. Schek 2002, DGE u.a. 2000

<sup>20</sup> Vgl. Fischer 2003

<sup>21</sup> Konopka: Sporternährung, 2003, 171

- Zubereitung und Einnahme sind zu jeder Zeit und an jedem Ort, ohne großen küchentechnischen Aufwand möglich.

Prinzipiell kann natürlich die Umsetzung einer gesunden und vollwertigen Ernährung gerade im Leistungssport auch ihre Probleme mit sich bringen. Beispielsweise werden in den Ausdauersportarten durch den großen Energiebedarf hohe Anforderungen an die Kapazität des Verdauungstraktes gestellt. Von besonderer Bedeutung ist hier der hohe zeitliche Trainingsaufwand dieser Sportarten, so dass es durchaus zu zeitlichen Problemen in Bezug auf die Nahrungsaufnahme kommen kann. In diesen Fällen lässt sich zur Überbrückung von Engpässen eine Nahrungsergänzung in Form von Konzentraten und Supplementen nicht vermeiden bzw. ist für die Leistungsentwicklung unabdinglich.<sup>22</sup>

Stoffklasse	Beispiele
Körpereigene Wirkstoffe und Stoffwechselprodukte	Kreatin, L-Carnitin, Pyruvat, Coenzym Q 10, Hydroxycitrat (HCA), Hydroxymethylbutyrat (HMB), $\alpha$ -Liponsäure
Aminosäuren	Taurin, verzweigtkettige Aminosäuren (BCAA), Arginin, Ornithin, Tryptophan, Salze der Asparaginsäure (Aspartate)
Fette/Fettsäuren	Mittelkettige Triglyceride (MCT), konjugierte Linolsäuren (CLA), Lecithin
Vitamine	Antioxidative Vitamine (Vitamin E-Megadosen)
Mineralstoffe	Phosphatsalze, Alkalisalze
Sekundäre Pflanzenstoffe	Flavonoide
Pflanzliche Enzyme	Bromelain, Papain („fat burner“)

Tab. 1: Auswahl derzeit in Deutschland erhältlicher legaler ernährungsbezogener erogener Hilfen (Leistungsförderer)<sup>23</sup>

Im Beachvolleyball kann der Gebrauch von Nährstoffkonzentraten beispielsweise während oder nach einer Belastung im Verlauf eines Turniers mit mehreren Spielen am Tag sinnvoll sein. Allerdings lassen sich diese auch leicht auf natürliche Weise ersetzen (Müsliriegel, Apfelsaftschorle, Trockenobst etc.). Da die Spielsportarten und speziell Beachvolleyball von einer anderen zeitlichen Struktur (geringere Wettkampfdauer, Pausen während bzw. zwischen den Wettkämpfen) sowie von einer größeren Komplexität<sup>24</sup> als die zyklischen Sportarten gekennzeichnet sind, sollte zumindest auf die nutritiven Leistungsförderer verzichtet werden, da deren Wirkung, mit Ausnahme von Kreatin, Alkohol und Coffein, auch oftmals bestritten

<sup>22</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>23</sup> modifiziert nach Schek: Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung, 2002, 75

<sup>24</sup> gemeint ist die Bedeutung von beispielsweise Kraft oder Ausdauer in Bezug zu spieltypischen Variablen

bzw. widerlegt wird.<sup>25</sup> So sollte einer gesundheitsorientierten und ausgewogenen Kost der Vorzug gegeben werden, zumal „Pillen und Pflverchen“ nicht annhernd an die Vielfalt an Inhaltsstoffen sowie deren Wirkung in einer natrlichen Nahrung heranreichen.<sup>26</sup>

## 2.2 Grundlegende Nahrungsbestandteile

Die Inhaltsstoffe der Nahrung, welche unser Krper zur Aufrechterhaltung seiner Funktionen bentigt, knnen zunchst in energieliefernde Makronhrstoffe (Hauptnhrstoffe) und nicht-energieliefernde Mikronhrstoffe sowie Wasser eingeteilt werden.

<b>Organisch</b>	<b>Energieliefernde Makronhrstoffe (Hauptnhrstoffe)</b>		
	Kohlenhydrate (4 kcal/g)	Einfachzucker (Trauben-/Fruchtzucker) Zweifachzucker (Haushaltszucker), Mehrfachzucker (Maltodextrine, Stkrke, Glykogen)	
	Fette (9 kcal/g)	Neutralfette (aus Fettsuren und Glycerol) und Cholesterin	
	Proteine (4 kcal/g)	Sttz-, Gerst- und Blutproteine (aus Aminosuren)	
	Alkohol (7 kcal/g)	v.a. Ethanol	
	Ballaststoffe (2 kcal/g)	unverdauliche Mehrfachzucker und Nicht-Kohlenhydrat-Nahrungsfasern	
	<b>Nichtenergieliefernde Mikronhrstoffe</b>		
Vitamine	fettlsliche (A, D, E, K, $\beta$ -Carotin) und wasserlsliche (C, B-Komplex) Vitamine		
<b>Anorganisch</b>	Mineralstoffe	Mengenelemente	Natrium, Chlorid, Kalium, Calcium, Phosphat, Magnesium, Sulfat
		Spurenelemente	Eisen, Jod, Fluorid, Zink, Selen, Kupfer, Mangan, Chrom, Molybdn, Kobalt, Nickel
		Ultrapurenelemente	Aluminium, Silicium, Thallium u.a.
	<b>Wasser</b>		

Tab. 2: Zusammensetzung der Nahrung und Energiegehalt der Makronhrstoffe<sup>27</sup>  
(1kcal.= 4,2kJ)

<sup>25</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>26</sup> Schek: Top-Leistung im Sport durch bedrfnisgerechte Ernhrung, 2002, 21

<sup>27</sup> modifiziert nach Schek: Top-Leistung im Sport durch bedrfnisgerechte Ernhrung, 2002, 9

Zu den energieliefernden Makronährstoffen werden in erster Linie die Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße gezählt. Für den Energiestoffwechsel sind hauptsächlich die Kohlenhydrate und Fette von Bedeutung, da die Eiweiße nur in geringem Maße und nur unter bestimmten Bedingungen zur Energiegewinnung herangezogen werden. Sie haben ihre Hauptbedeutung im Baustoffwechsel, indem alle für den Körper notwendigen Strukturen aufgebaut werden, welche einem ständigen Auf- und Abbauprozess unterliegen.

Den nicht - energieliefernden Mikronährstoffen werden die Vitamine sowie die Mineralstoffe zugeordnet, welche weiter unterteilt werden können. Ihre Funktion besteht hauptsächlich in der Regulation verschiedenster Stoffwechselprozesse. Durch ihre gesundheitsprotektiven Eigenschaften haben in den letzten Jahren zunehmend auch die sekundären Pflanzenstoffe an Bedeutung gewonnen. Diese Abwehr-, Duft-, Farb- oder Aromastoffe der Pflanzen wehren Schädlinge und Krankheiten ab und regulieren das Pflanzenwachstum. Ihre Rolle im Leistungssport besteht in ihrer antioxidativen und immunmodulierenden Wirkung.<sup>28</sup> Weiterhin können nach ihrer Synthetisierbarkeit im menschlichen Organismus essentielle und nicht-essentielle sowie funktionsfördernde Nährstoffe unterschieden werden.<sup>29</sup>

### **1. Essentielle Nährstoffe**

- Essentielle Aminosäuren
- Essentielle Fettsäuren
- Vitamine
- Mineralstoffe
- Spurenelemente
- Wasser

### **2. Nichtessentielle Nährstoffe**

- Nichtessentielle Aminosäuren
- Nichtessentielle Fettsäuren
- Kohlenhydrate (mit Einschränkung)

### **3. Funktionsfördernde Nährstoffe**

- Ballaststoffe
- Aromastoffe (Geruchs- und Geschmacksstoffe)
- Farbstoffe
- Inhaltsstoffe von Genussmitteln (z.B. Coffein)

Tab. 3: Essentielle, nichtessentielle (ersetzbare) und funktionsfördernde Nährstoffe<sup>30</sup>

Essentiell bedeutet in diesem Zusammenhang, dass diese Nährstoffe zugeführt werden müssen, da sie im Stoffwechsel selbst nicht synthetisiert werden können. Nichtessentielle Nährstoffe können im Gegensatz dazu selbst hergestellt werden bzw. sich in ihrer Bedeutung und

---

<sup>28</sup> Vgl. Neumann 2003

<sup>29</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>30</sup> Konopka: Sporternährung, 2003, 13

Wirkung gegenseitig ersetzen.<sup>31</sup> Zu den funktionsfördernden Nährstoffen gehören beispielsweise auch die Ballaststoffe, welche hauptsächlich (nicht alle) den Kohlenhydraten zugeordnet werden. Diese unverdaulichen Nahrungsbestandteile fördern die Verdauung und entfalten so ihre gesundheitsprotektive Wirkung.

Das Wasser ist die Grundsubstanz des Lebens. So besteht der menschliche Körper je nach Alter, Geschlecht und Körperfettanteil (bzw. Muskelmassenanteil) zu 50 bis 80 Prozent aus Wasser. Es fungiert als Baustoff, Transportsubstanz, Wärmeregulator sowie als Reaktionspartner bei verschiedenen Stoffwechselprozessen.

Für den Sportler ist durch den erhöhten Bau- und Betriebsstoffwechsel (Energiestoffwechsel) eine angepasste Zufuhr vor allem der Hauptnährstoffe wichtig. Dies bedeutet, dass deren Nährstoffdichten in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen müssen. Schek<sup>33</sup> gibt diesbezüglich für die Trainingsbelastung eine erste

Orientierung, welche im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch weiter diskutiert werden wird. Auf eine Differenzierung der einzelnen Sportdisziplinen verzichtet die Autorin, da nach ihrer Ansicht die Ernährungsbedürfnisse nicht so verschieden sind, wie angenommen wird. So werden hier lediglich Ausdauer- und Kraftsportler unterschieden. Für die erstgenannten sind der höhere Wert bei den Kohlenhydraten und der niedrigere bei den Fetten anzusetzen. Für die Kraftsportler gilt das umgekehrte

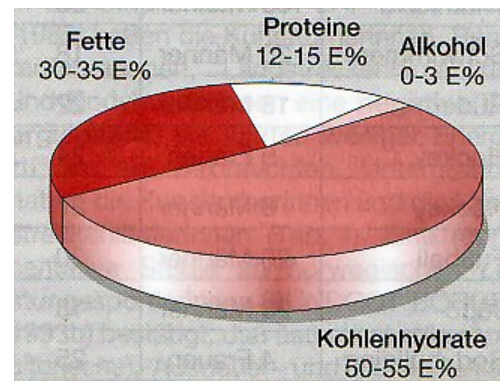


Abb.2: Empfohlenes Verhältnis energieliefernder Nährstoffe<sup>32</sup>

Verhältnis. Spielsportler sollten sich dabei eher an den Vorgaben für die Ausdauersportarten orientieren, wobei den jeweiligen Trainingsinhalten Rechnung getragen werden sollte. In der Wettkampfphase ist vor allem bei den ausdauerorientierten Sportarten der Kohlenhydratanteil, auf Kosten der Fette weiter zu erhöhen (auf über 60 Prozent). Alkohol sollte in dieser Phase gemieden werden, um seinen Anteil an der Energiegewinnung zu reduzieren.

<sup>31</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>32</sup> modifiziert nach Schek: Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung, 2002, 13

<sup>33</sup> Vgl. Schek 2002

### 2.2.1 Makronährstoffe

Innerhalb der Makronährstoffe gehören die Kohlenhydrate zu den wichtigsten Energielieferanten. Nach Anzahl der gebundenen Zuckermoleküle können Mono-, Di-, Oligo- und Polysaccharide unterschieden werden, wobei die letztgenannten weiter in verdauliche (Stärke, Glykogen) sowie in unverdauliche Polysaccharide (Ballaststoffe) eingeteilt werden. An der Dünndarmschleimhaut werden die Mehrfachzucker zunächst in Einfachzucker zerlegt und anschließend zusammen mit Natrium vom Körper absorbiert. Die aufgenommene Glucose wird in der Leber in Form von Glykogen gespeichert oder von ihr zur Stabilisierung des Blutzuckerspiegels (80-120 mg/100 ml Blut)<sup>34</sup> in den Blutkreislauf abgegeben. Weiterhin kann die Glucose auch in der Muskulatur zu Glykogen synthetisiert und eingelagert werden. Die so gespeicherte und verfügbare Menge an Glykogen beträgt durchschnittlich 400g (90g in der Leber, 300g in der Muskulatur).<sup>35</sup> Werden diese Reserven aufgebraucht, beginnt in der Leber die Gluconeogenese aus Glycerol, Lactat und glucogenen Aminosäuren, was mit einem Leistungsabfall einhergeht (Unterzuckerung). Die Glykogenreserven werden dabei durch den Kohlenhydratverzehr sowie durch körperliches Training beeinflusst. So beträgt der Glykogengehalt der Leber nach einer kohlenhydratreichen Kost 150g, nach einer kohlenhydratarmen Kost bzw. nach dem Fasten aber nur lediglich 10g.<sup>36</sup> Die Größe der Muskelglykogenspeicher wird bei einer kohlenhydratreichen Kost vorwiegend durch ihre Beanspruchung während körperlicher Belastung beeinflusst. Auch können die Glykogenvorräte umso leichter abgebaut werden, je größer diese sind bzw. je trainierter ihre Beanspruchung ist. So speichert die Arbeitsmuskulatur bei regelmäßigem und lang dauerndem Training (1-2 Stunden oder mehr) deutlich mehr Glykogen, wenn die Kost gemischt bzw. kohlenhydratreich ist (zwei bis drei Mal mehr als Untrainierte).<sup>37</sup> Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch die Zeitdauer der Wiederauffüllung der Glykogenspeicher nach deren Entleerung durch eine sportliche Belastung (24-48 h), welche sich unter kohlenhydratreicher Kost (über 60 % Energie aus Kohlenhydraten) wesentlich schneller vollzieht. Diese Wiederauffüllung gliedert sich in eine schnelle und eine langsame Phase. So werden innerhalb der ersten 10 Stunden nach Belastungsende die Kohlenhydrate am schnellsten in die Muskulatur eingelagert, weshalb in dieser Zeit reichlich Kohlenhydrate zugeführt werden sollten (nach Ausgleich des Flüssigkeitsdefizits). Ebenfalls werden mit jedem Gramm Glykogen auch 2,7g Wasser und 19,5mg

---

<sup>34</sup> Vgl. Konopka 2002

<sup>35</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>36</sup> ebenda

<sup>37</sup> Vgl. Konopka 2002

Kalium gebunden, die dem Organismus beim Glykogenabbau während der Belastung zur Verfügung gestellt werden.

Die Fette können zunächst in Triglyceride, welche den Hauptanteil stellen und fettähnliche Substanzen eingeteilt werden. Zu den letztgenannten gehört beispielsweise das Cholesterin, dessen Zufuhrwert von 300mg/Tag<sup>38</sup> nach Möglichkeit nicht überschritten werden sollte. Die Triglyceride bestehen aus Glycerol und drei Fettsäuren. Diese Fettsäuren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Kettenlänge und ihres Sättigungsgrades (Anzahl der Doppelbindungen). Die Verwertung der Fette findet größtenteils im Dünndarm statt, wo sie zusammen mit Cholesterin und den fettlöslichen Vitaminen (A, D, E, K) über die Dünndarmschleimhaut aufgenommen werden. Bei der Gesamtfettzufuhr (ca. 30 Energie%) gilt eine deutlich höhere Aufnahme an einfach und mehrfach ungesättigten gegenüber den gesättigten Fettsäuren als günstig (Energieverhältnis: 10-13%/7-10%/10% in gleicher Reihenfolge).<sup>39</sup> Das gespeicherte Fett erfüllt im Körper verschiedenste Funktionen. So dient es beispielsweise als Bestandteil der Zellmembranen, der Bildung zellulärer Botenstoffe oder dem Schutz von Organen. Der Gesamtkörperfettgehalt sollte aber bei Männern 15 Prozent und bei Frauen 25 Prozent des Körpergewichts nicht überschreiten. Weiterhin sind die Fette wichtige Energielieferanten, besonders für Ausdauersportler mit hohem Energiebedarf. Ihr Brennwert übersteigt den der Kohlenhydrate um mehr als das Doppelte (9 kcal/g). Dabei nimmt ihr Anteil an der Energiegewinnung zu, je länger die Belastung dauert und nimmt ab, je intensiver diese ist. So erhalten sie ihre Bedeutung im Belastungsstoffwechsel vor allem dadurch, dass die ökonomischen Kohlenhydratspeicher geschont werden (abhängig von der Belastungsintensität und der Ausdauerleistungsfähigkeit).

Proteine (Eiweiße) setzen sich aus Aminosäuren zusammen, die als charakteristischen Bestandteil eine Aminogruppe aufweisen, in der als wichtigstes Element der Stickstoff gebunden ist. Sie können je nach Anzahl der verknüpften Aminosäuren in Di-, Tri-, Oligo- und Polypeptide eingeteilt werden. Ihre Zerlegung in einzelne Aminosäuren beginnt bereits im Magen und wird im Dünndarm fortgesetzt, wo sie absorbiert und anschließend zur Leber transportiert werden. Von dort werden sie größtenteils an den Blutkreislauf abgegeben und von den verschiedenen Geweben zum Aufbau körpereigener Proteine genutzt. Proteine erfüllen in unserem Körper vielfältigste Funktionen. So bilden sie die Grundlage des Blutes sowie des Muskel- und Bindegewebes, sind Bestandteil von Hormonen und steuern als Enzyme und

---

<sup>38</sup> Vgl. DGE u.a. 2000

<sup>39</sup> Vgl. Schek 2002

Antikörper biochemische Prozesse sowie die Abwehr körperfremder Stoffe. Überschüssig zugeführte Aminosäuren können in begrenztem Maße gespeichert (Aminosäurenpool ca. 100g)<sup>40</sup> oder zur Energiegewinnung genutzt werden. Hierbei fallen allerdings Ammonium-Ionen an, die unter Bildung von Harnstoff in der Leber entgiftet werden müssen. Die Zufuhrempfehlungen für mäßig sportlich aktive Erwachsene belaufen sich auf 0,8g/kg/Tag, was bei einer vollwertigen Ernährung einem Anteil an der Energiezufuhr von 10 Prozent entspricht.<sup>41</sup> Hierin ist bereits ein Zuschlag zur Berücksichtigung der geringeren biologischen Wertigkeit von pflanzlichen Proteinen enthalten, da diese weniger essentielle Aminosäuren enthalten als tierisches Protein und schlechter verdaulich sind. Allerdings kann die biologische Wertigkeit durch die Kombination von Lebensmitteln deutlich erhöht werden (Ergänzungswirkung hinsichtlich essentieller Aminosäuren). Für den Sportler ist eine ausgeglichene Stickstoffbilanz (Körperproteingleichgewicht) wichtig, um den Proteinbestand im Körper aufrecht zu erhalten. Dabei ist anzumerken, dass bei den verschiedenen Umbauprozessen an den Proteinen der einzelnen Gewebe ein Teil der Aminosäuren recycled wird, so dass der Proteinumsatz höher liegt als der Bedarf. In verschiedenen Studien konnte diesbezüglich belegt werden, dass sportliche Belastungen den Proteinbedarf geringfügiger beeinflussen, als allgemein angenommen wird.<sup>42</sup> Somit wird bei einer empfohlenen Nährstoffdichte für Proteine von 12-15 Energie% selbst dem erhöhten Bedarf von Kraft- und Ausdauersportlern Rechnung getragen, was in der Literatur allerdings kontrovers diskutiert wird.<sup>43</sup>

### 2.2.2 Mikronährstoffe

Zu den Mikronährstoffen zählen die Vitamine und Mineralstoffe. Sie sind ihrer Funktion nach als Regulatoren an vielfältigen Stoffwechselprozessen beteiligt. So wirken die Vitamine A, C und E als Antioxidantien und somit der Entstehung von Arteriosklerose und Krebs entgegen. Weiterhin schützt Vitamin A vor Infektionskrankheiten, Vitamin D reguliert die Knochenmineralisation und Vitamin K ist an der Blutgerinnung beteiligt. Die Vitamine des B-Komplexes greifen hauptsächlich als Coenzyme in den Intermediärstoffwechsel der Makronährstoffe ein. Die Mineralstoffe (Mengenelemente) haben ihre Hauptaufgaben in der Regulation des Wasserhaushalts, der Reizübertragung sowie der Knochenmineralisation. Die Spuren-

---

<sup>40</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>41</sup> Vgl. DGE u.a. 2000

<sup>42</sup> Vgl. DGE u.a. 2000 u. Schek 2002

<sup>43</sup> Vgl. z.B. Schek 2002 u. Konopka 2002

elemente greifen wiederum als Cofaktoren von Enzymen in den Intermediärstoffwechsel der Hauptnährstoffe ein. Dabei werden die Mikronährstoffe bei chemischen Reaktionen nicht verbraucht und können wieder verwendet werden. Ihr Bedarf richtet sich nach den Verlusten, die durch unvollständige Absorption im Darm sowie durch den Schweiß und den Urin entstehen. Bei Sportlern ist besonders den Schweißverlusten Beachtung zu schenken, da sie eine erhöhte Gesamtausscheidung gegenüber Nichtsportlern bedingen. Allerdings gehen Mikronährstoffe während sportlicher Belastungen nicht überproportional zum Energieverbrauch verloren, so dass bei einer entsprechenden Energiezufuhr über eine vollwertige Ernährung die Verluste mit Sicherheit ausgeglichen werden.<sup>44</sup> Dabei werden auch die Verluste über den Belastungsschweiß häufig überschätzt. So nehmen die Konzentrationen an wasserlöslichen Vitaminen und Mineralstoffen im Schweiß, mit Ausnahme von Natrium und Chlorid, mit zunehmender Belastungsdauer ab und erreichen nach ca. einer Stunde einen gleich bleibenden Mindestwert.<sup>45</sup> Die Konzentrationen nehmen dabei nicht nur mit steigender Fließrate ab, sondern auch als Folge regelmäßigen sportlichen Trainings. Weiterhin finden während sportlicher Belastungen Umverteilungen der Mikronährstoffe zwischen den Körperkompartimenten statt, die im Ruhezustand wieder ausgeglichen werden und somit nicht als Mikronährstoffmangel zu interpretieren sind. Anders stellt sich hingegen die Situation für Natrium(chlorid) dar, deren Konzentration im Schweiß mit steigender Fließrate zunimmt. Allerdings wird in Abhängigkeit von der Belastungsdauer bei Trainierten vermehrt Natrium(chlorid) von den Schweißdrüsen reabsorbiert, so dass ein niedrigeres Niveau erreicht wird als bei Untrainierten. Konopka<sup>46</sup> führt in diesem Zusammenhang auch Kalium und Magnesium an, für die im Gegensatz zum Kochsalz ein solcher Trainingseffekt der Schweißdrüsen nicht zutrifft. Kalium hat darüber hinaus eine Bedeutung bei der Glykogenspeicherung, wo es zusammen mit Wasser in die Muskelzelle eingelagert wird. Als weitere Schwachpunkte in Bezug auf die Versorgung von Leistungssportlern mit Mikronährstoffen werden, neben den bereits genannten, auch noch die Mineralstoffe Calcium, Eisen, Zink und Jod sowie die Vitamine A, C, E und einige B-Vitamine angeführt.<sup>47</sup>

Zusammengefasst ist nach Schek<sup>48</sup> ein Mikronährstoffdefizit aber weniger die Folge einer sportlichen Aktivität, sondern einer unangepassten Ernährung, in der die Nährstoffdichten zur Deckung des Bedarfs nicht erreicht werden.

---

<sup>44</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>45</sup> ebenda

<sup>46</sup> Vgl. Konopka 2002

<sup>47</sup> Vgl. Konopka 2002 u. Schek 2002

<sup>48</sup> Vgl. Schek 2002

## 2.3 Flüssigkeitsbilanz im Sport

Wie bereits erwähnt, besteht der Körper des Menschen zu einem Großteil (ca. 50-80 Prozent) aus Wasser. Dieses befindet sich zu zwei Dritteln innerhalb der Zellen (intrazelluläre Flüssigkeit) sowie zu einem Drittel außerhalb der Zellen, im extrazellulären Raum. Zu dem letztgenannten gehören beispielsweise auch das in den Blutgefäßen zirkulierende Flüssigkeitsvolumen (intravasale Flüssigkeit) sowie die Flüssigkeit, die sich in den Zwischenräumen zwischen den Zellen (interstitielle Flüssigkeit) befindet. Zu den wasserreichsten Organen zählen neben dem Gehirn die Leber, die Muskulatur sowie die Haut, weshalb diese auf Wasserverluste besonders empfindlich reagieren. Weiterhin lässt sich die herausragende Bedeutung des Wassers aus seinen vielfältigen Funktionen ableiten. So ist es Reaktionspartner bei vielen Stoffwechselprozessen, Bestandteil vieler zellulärer Verbindungen, Lösungs- und Transportmittel vieler wasserlöslicher Substanzen sowie wichtigster Faktor bei der Wärmeregulation.<sup>49</sup> Weiterhin werden beispielsweise zum Aufbau von einem Gramm Glykogen ca. 3ml Wasser benötigt. So bedeuten Wasserverluste auch immer eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Organismus.<sup>50</sup>

Der normale Grundbedarf an Wasser variiert im Laufe des Lebens (60 ml/kg/d für 7-9 Jährige – 35 ml/kg/d für 19- 51 Jährige bei leichter körperlicher Tätigkeit und mitteleuropäischem Klima)<sup>51</sup> und ist weiterhin von ver-

schiedenen Faktoren abhängig:

- **Alter**
- **Geschlecht**
- **Körpergewicht**
- **Klima**
- **körperliche Aktivitäten**
- **Erkrankungen mit Flüssigkeitsverlust (z.B. Fieber, Erbrechen, Durchfall)**

Um den Wassergehalt im Körper konstant zu halten, muss die Wasserbilanz ausgeglichen sein, d.h. den Wasserverlusten über die Nieren (Urin), die Haut (Schweiß), die

Tab. 4: Einflussfaktoren auf den Flüssigkeitsbedarf<sup>52</sup>

Lunge (Atmung) sowie den Stuhl muss eine entsprechende Zufuhr von außen durch das in der Nahrung enthaltene Wasser sowie in Form von Getränken gegenüberstehen. Weiterhin entsteht beim oxidativen Abbau der Hauptnährstoffe das so genannte Oxidationswasser, welches ebenfalls zur Wasserversorgung beiträgt. Den Wasserverlusten über die Niere kommt dabei

<sup>49</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>50</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>51</sup> Vgl. DGE u.a. 2000

<sup>52</sup> modifiziert nach IDM: Richtig trinken im Sport, 2003, 7

Nährstoffe	Oxidationswasser
Kohlenhydrate 100g	55 ml
Fette 100g	107 ml
Proteine 100g	41 ml

Tab. 5: Entstehendes Oxidationswasser beim Abbau der Hauptnährstoffe<sup>53</sup>

etwa 25 Prozent der aus den Hauptnährstoffen freigesetzten Energiemenge zur Muskelkontraktion genutzt werden kann. Die restlichen 75 Prozent sind Wärmeenergie, welche der Körper an die Umgebung abgeben muss, um die Körperkerntemperatur nicht zu stark ansteigen zu lassen.

So erfolgt die Thermoregulation bei körperlichen Belastungen über die Schweißsekretion, wodurch Verdunstungskälte entsteht und dem Körper Wärme entzogen wird. Dieser Mechanismus ist für die optimale Funktion der Enzymsysteme notwendig, da eine entsprechende Leistung sonst nicht aufrechterhalten werden könnte bzw. zu lebensbedrohlichen Zuständen führen würde.<sup>55</sup> So werden durch die Verdunstung von einem Liter Wasser ca. 580 kcal (2430kJ) Wärme an die Umgebung abgegeben. Dabei sind Untrainierte in der Lage bei sportlichen Belastungen pro Stunde 0,8 – 1,5 Liter Schweiß zu produzieren, wobei die Schweißsekretion mit steigendem Trainiertheitsgrad sowie mit steigender Belastungsintensität zunimmt.<sup>56</sup> Trainierte

können, abhängig von der Veranlagung, dem Geschlecht und den klimatischen Verhältnissen (Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit) bis zu 2 -3 Liter Schweiß in einer Stunde produzieren.

die größte Bedeutung zu. Ihr Anteil entspricht in etwa dem Trinkvolumen. Der tägliche Mindestbedarf in Ruhe eines Erwachsenen beträgt ca. 2 – 2,5 Liter. Bei körperlichen Belastungen bzw. im Sport erhöht sich der Wasserbedarf durch die Erhöhung der Schweißproduktion, da nur

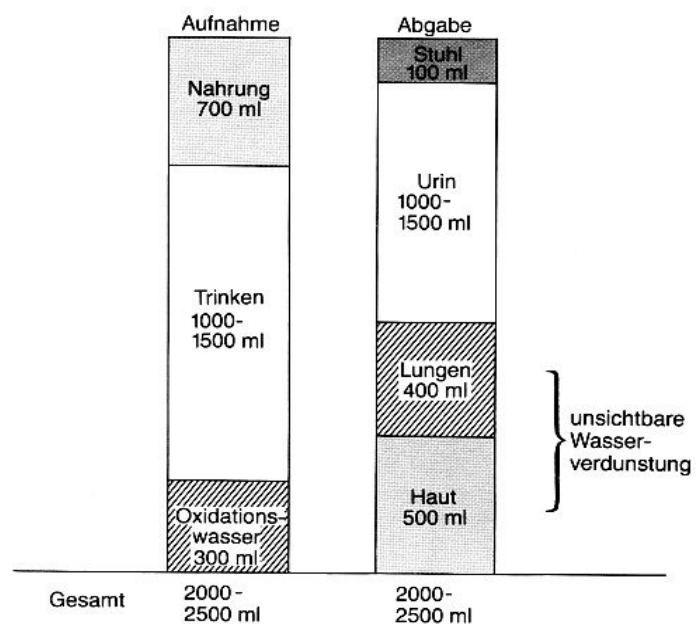


Abb. 3: Flüssigkeitsbilanz in ml/Tag bei einem Erwachsenen (70 kg)<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>54</sup> Konopka: Sporternährung, 2003, 100

<sup>55</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>56</sup> Vgl. Schek 2002

Trotzdem steigt auch bei ihnen die Körpertemperatur nach sportlichen Belastungen auf 38 – 40 °C und darüber an.<sup>57</sup>

- **verbesserte Wärmeabgabe aus dem Körperinneren zur Hautoberfläche**
- **Kühlung durch den Schweiß beginnt schneller**
- **höhere Schweißrate und dadurch maximierte Verdunstung**
- **geringere Elektrolytkonzentration im Schweiß**

Tab. 6: Physiologische Anpassung durch Training<sup>58</sup>

Ein Wassermangel durch fehlende bzw. ungenügende Flüssigkeitszufuhr beeinträchtigt die die Funktionsfähigkeit des Organismus. Die Folgen können eine Verschlechterung der Herz-Kreislauf-Funktionen (Bluteindickung, reduziertes Herzschlagvolumen, verminderter Blutdruck und allgemein schlechtere Durchblutung), ein behinderter Sauerstofftransport zu den Muskelzellen, eine gestörte Thermoregulation sowie eine verminderte Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen sein.<sup>59</sup> Die sportliche Leistungsfähigkeit ist bei Untrainierten ab einer Entwässerung (Dehydratation) von 2 Prozent des Körperwassergehaltes vermindert. Eine Abnahme der Ausdauerleistungsfähigkeit kann schon nach einem Wasserverlust von einem Prozent (bezogen auf das Körpergewicht) eintreten, wenn dieser z.B. unter Hitzebelastung sehr schnell eintritt.<sup>60</sup> Ab einem Wasserverlust von 4 Prozent ist außerdem die Kraftleistung beeinträchtigt und 6 Prozent bewirken ein starkes Durstgefühl, Schwäche, Reizbarkeit und Erschöpfung. Das Durstgefühl ist dabei als verzögerte Reaktion des Organismus aufzufassen und kennzeichnet bereits einen Flüssigkeitsmangel, weshalb schon vor bzw. während der Belastung für entsprechenden Flüssigkeitsersatz gesorgt werden sollte.

Leistungssportler bzw. Sportler mit hohem Trainiertheitsgrad können Flüssigkeitsverluste bis 4 Prozent des Körperwassergehaltes (entspricht bei 70 kg und 70 Prozent Körperwassergehalt 2 Prozent bezogen auf das Körpergewicht) ohne nennenswerte Leistungsminderungen tolerieren.<sup>61</sup> Sie müssen erst ab Schweißverlusten von 2 Litern mit entsprechenden Symptomen, wie Schwäche, Muskelkrämpfe oder Koordinationsstörungen rechnen, Freizeitsportler dagegen bereits bei einem Liter.

---

<sup>57</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>58</sup> IDM: Richtig trinken im Sport, 2003, 16

<sup>59</sup> Vgl. IDM 2003

<sup>60</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>61</sup> Vgl. Schek 2002

### 2.3.1 Flüssigkeitsaufnahme im Sport

Wie im vorherigen Abschnitt bereits dargestellt, ist die richtige Flüssigkeitsaufnahme im Sport ein wichtiges Kriterium zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit. Beachvolleyballer schwitzen in einer Stunde bei 27 °C unter Wettkampfbedingungen ca. 2,5 Liter Wasser aus, wodurch auch Mineralsalze verloren gehen.<sup>62</sup> In diesem Zusammenhang betonen Geiß und Hamm,<sup>48</sup> wie auch Konopka,<sup>63</sup> dass der Wasserhaushalt eng mit dem Elektrolythaushalt verbunden ist, da der Organismus zugeführte Mineralsalze nur verwerten kann, wenn genügend Wasser vorhanden ist und umgekehrt das Wasser nur bei Anwesenheit der entsprechenden Mineralsalze gebunden werden kann. Dabei richtet sich der adäquate Flüssigkeitsersatz zunächst einmal danach, welche Substanzen im Verlaufe der Belastung verloren gegangen sind. So kann zum einen das entstandene reine Flüssigkeitsdefizit mit Ersatz der entsprechenden Mineralien im Vordergrund stehen oder zum anderen die Schonung bzw. Wiederauffüllung der Kohlenhydratreserven. Beispielsweise kann die Gesamtbelastungsdauer im Verlauf eines Beachvolleyballturniers mit mehreren Spielen am Tag so lang sein, dass die Kohlenhydratspeicher weitgehend entleert sind.<sup>64</sup> Diesbezüglich würden kohlenhydratreiche Getränke eine leicht verfügbare Quelle zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit bieten.

- **Ausgleich des Flüssigkeitsverlustes durch das Schwitzen**
- **Ersatz der mit dem Schweiß verloren gegangenen Elektrolyte**
- **Energieersatz (Kohlenhydrate) bei längeren Belastungsphasen**

Tab. 7: Aufgaben eines Sportgetränks

Die Wahl des entsprechenden Getränkes hängt aber nicht nur von den eben geschilderten Sachverhalten ab. Viel bedeutender ist in diesem Fall, in welcher Zusammensetzung ein entsprechendes Getränk Wasser, Elektrolyte und Kohlenhydrate dem Organismus in optimaler Form verfügbar macht bzw. für deren schnellstmöglichen Ersatz sorgt und wie dies durch physiologische Parameter beeinflusst wird. Der Flüssigkeitsersatz gewinnt besonders an Bedeutung, je mehr Schweiß pro Zeiteinheit abgegeben wird bzw. je höher die Fließrate ist. So ist beispielsweise die Wasserabsorptionsrate im Dünndarm auf 0,9 Liter pro Stunde durch die

---

<sup>62</sup> Vgl. Tank 2004

<sup>63</sup> Vgl. Geiß/Hamm 2000; Konopka 2003

<sup>64</sup> Vgl. Tank 2004

Magenentleerungsrate begrenzt,<sup>65</sup> so dass unter den oben genannten Bedingungen im Beachvolleyball (bis zu 2,5 l Wasserverlust durch Schweiß /h bei 27 °C) ein Flüssigkeitsdefizit während der Belastung wohl unvermeidlich ist. Es kann also praktisch im Dünndarm nur so viel Wasser absorbiert werden, wie auch in einer gewissen Zeitspanne vom Magen abgegeben wird. Weiterhin ist die Wasserabsorption an die Aufnahme von Glucose und Natrium gekoppelt, so dass auch deren Konzentration in einem Getränk von Bedeutung ist. Dabei spielt das Verhältnis von Wasseraufnahme zur Wasserabgabe im Dünndarm (Netto-Wasserabsorption) eine zentrale Rolle. Die Flüssigkeitsabgabe vom Magen in den Dünndarm wird in erster Linie durch die Konzentration der enthaltenen Teilchen (Energiedichte) sowie durch den Magenfüllzustand (Flüssigkeitsvolumen) beeinflusst. So nimmt die Geschwindigkeit der Magenentleerung bei Kohlenhydratkonzentrationen oberhalb 10 Prozent progressiv ab (in Bezug auf kurzkettige Mehrfachzucker wie Saccharose oder Maltodextrine, bei Glucose bereits ab über 5 Prozent).<sup>66</sup> Das Flüssigkeitsvolumen im Magen hat insofern einen Einfluss, da die Magenentleerung umso schneller verläuft, je größer der Magenfüllzustand ist. Allerdings ist hier ein Kompromiss einzugehen, da ein zu voller Magen Magenbeschwerden und Unwohlsein verursachen kann und so die Ausübung der sportlichen Tätigkeit behindert. In diesem Zusammenhang spielen aber auch die Temperatur des Getränkes (optimal sind 5-10 °C) und das Vorhandensein organischer Säuren (z.B. Fruchtsäuren) eine Rolle. Letztere können die Magenentleerung verzögern und die Flüssigkeitsabsorption beeinträchtigen.<sup>67</sup>

Die Netto-Wasserabsorption im Dünndarm hängt im Wesentlichen von der Osmolarität (Teilchendichte bzw. Stoffmengen-Konzentration osmotisch wirksamer Teilchen) des Getränkes ab, welche den osmotischen Druck bedingt. Druckdifferenzen bewirken einen Ausgleich vom Ort der höheren zur niedrigeren Konzentration. So werden die höchsten Netto-Wasserabsorptionsraten von hypo- bis isotonen Flüssigkeiten erzielt, die einen Kohlenhydratanteil (Glucose und Saccharose) von 3-7 Prozent sowie einen Natriumgehalt von mindestens

**Netto-Wasserabsorption  
Magenentleerungsrate**

- **Kohlenhydrat-konzentration**
- **Osmolarität**
- **Natrium-konzentration**
- **Flüssigkeits-temperatur**
- **organische Säuren**

Abb. 4: Einflussfaktoren der Rehydratation

<sup>65</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>66</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>67</sup> ebenda

400 mg pro Liter enthalten.<sup>68</sup> Je höher dabei der Kohlenhydratanteil innerhalb dieses Rahmens ist, umso mehr dient die Flüssigkeit auch dem Ersatz verbrauchter Energiereserven. Höher dosierte, hypertone

hypoton	isoton	hyperton
< 300 mosm/kg	= 285-300 mosm/kg	> 300 mosm/kg
entspricht dem Schweiß	entspricht dem Blut	höher konzentriert als im Blut

Tab. 8: Osmolarität verschiedener Flüssigkeiten

Flüssigkeiten (reine Fruchtsäfte, Cola) dienen nicht dem Ausgleich der Flüssigkeitsbilanz, sondern dem Auffüllen verbrauchter Energiespeicher, da sie eine Netto-Wasserabgabe (Abgabe ist höher als Aufnahme) in den Dünndarm verursachen. Steht der Ausgleich des Flüssigkeitsdefizits (Rehydratation) im Vordergrund, sollten sie erst nach ausgeglichener Flüssigkeitsbilanz zum Einsatz kommen, da andernfalls eine Dehydrierung vorübergehend noch verstärkt würde. Hypotone Getränke ohne Kohlenhydratanteil und niedrigem Natriumgehalt (natriumarmes Mineralwasser, Leitungswasser) haben den Nachteil, dass sie zu einer Sekretion von Elektrolyten in den Dünndarm führen und über die Nieren, durch die Abnahme der Natriumkonzentration im Blut, beschleunigt wieder ausgeschieden werden (Diurese). Aus diesem Grund sollte natriumreiches Wasser im Sport bevorzugt werden, da hier

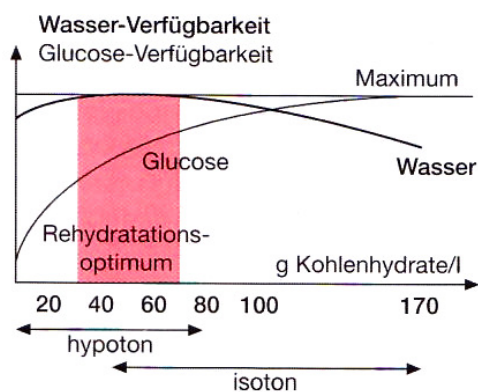


Abb. 5: Geschwindigkeit der Wasser und Glucoseaufnahme aus dem gesamten Dünndarm ins Blut (modifiziert nach Brouns 1991)<sup>69</sup>

dieser Effekt nicht auftritt und das Wasser im Körper gebunden werden kann. Allerdings ist die Resorption im Dünndarm, trotz höchster Magenentleerungsrate, gegenüber hypotonen Getränken mit Kohlenhydratanteil verlangsamt.<sup>70</sup>

In Bezug auf die Osmolarität ist abschließend anzumerken, dass zur optimalen Rehydratation in einem Getränk nur eine begrenzte Anzahl an Teilchen gelöst sein darf. So

sollten nach Schek<sup>71</sup> außer der entsprechenden Kohlenhydratkonzentration und Natrium keine unnötigen Mengen an Vitaminen oder Mikronährstoffen enthalten sein, wie dies von einigen

<sup>68</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>69</sup> entnommen aus Schek: Top Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung, 2002, 37

<sup>70</sup> Vgl. Schek 2002

<sup>71</sup> ebenda

Autoren<sup>72</sup> propagiert wird, zumal diese weder die Wasseraufnahme noch die Leistungsfähigkeit steigern und während der Belastung auch nicht übermäßig verloren gehen. Eine Zufuhr dieser Mikronährstoffe mit der Nahrung nach dem Sport, reicht nach ihrer Meinung aus, um die belastungsbedingten Verluste zu kompensieren.

## 2.4 Energie- und Baustoffwechsel

Die aufgenommene Nahrung wird durch die Zähne mechanisch zerkleinert und gelangt über die Speiseröhre und den Magen in den Dünndarm. Dabei werden die hochmolekularen, kompliziert gebauten Nahrungsbestandteile in einheitliche kleinste Grundbausteine (einfache Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren, Glycerin) aufgespalten und über die Darmwand vom Organismus aufgenommen (resorbiert).<sup>73</sup> Zurückbleibenden Nahrungsbestandteilen wird im Dickdarm Wasser entzogen und der Darminhalt durch bakterielle Gärung und Fäulnis weiter verändert, bis er schließlich ausgeschieden wird.

Die resorbierten Nährstoffe werden vielfältig verändert, gespeichert und zu den Orten des Bedarfes transportiert, wo sie verwertet werden. Dieser Vorgang wird als Intermediärstoffwechsel bezeichnet. Dabei anfallende Stoffwechselprodukte werden als harnpflichtige Substanzen über die Niere ausgeschieden oder als Kohlendioxid und Wasserdampf über die Lungen abgeatmet. Unter Stoffwechsel versteht man im Allgemeinen die Gesamtheit der nach der Verdauung und Resorption der Nährstoffe ablaufenden biochemischen Prozesse im Organismus. Diese erfüllen nach Konopka<sup>74</sup> im Wesentlichen drei Aufgaben: den Ersatz sowie den Aufbau, Abbau und die Erhaltung der verschiedenen Stoffe und Strukturen des Organismus. Die Orte, an denen diese elementaren Prozesse ablaufen, sind die Körperzellen.

Im Zellstoffwechsel können zwei Arten unterschieden werden. Alle für den Organismus notwendigen Strukturen, welche einem ständigen Auf- und Abbauprozess unterliegen, werden im Baustoffwechsel aufgebaut. Für diesen Vorgang werden energiereiche Phosphate und Strukturmaterial in Form von Eiweiß benötigt. In der Regel stehen dabei aufbauende (anabole) und

---

<sup>72</sup> Vgl. z.B. Konopka 2003

<sup>73</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>74</sup> ebenda

abbauende (katabole) Prozesse im Gleichgewicht. Lediglich im Wachstumsalter oder im Organismus des Trainierenden überwiegt die anabole, im Alter sowie bei nicht ausgeglichener Energiebilanz die katabole Stoffwechsellage.<sup>75</sup> Dabei laufen die verschiedenen Vorgänge gleichzeitig, aber in räumlicher Trennung voneinander in den Zellstrukturen ab. So finden beispielsweise die aerobe Energiegewinnung in den Mitochondrien und die Anaerobe im Zellplasma statt.

Der Energie- oder Betriebsstoffwechsel stellt die für die Verwirklichung der Lebensfunktionen (Herztätigkeit, Atmung, Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, etc.) sowie die zur Verrichtung mechanischer Arbeit notwendige Energie zur Verfügung. Diese ist die Voraussetzung für die Muskelkontraktion und für Bewegung überhaupt. Aus diesem Grund ist der Organismus auf die ständige Energiezufuhr durch die Nahrung angewiesen, da die körpereigenen Reserven nur vorübergehend Energie liefern können. Das dafür im Organismus zur Verfügung stehende und direkt nutzbare Substrat ist das ATP (Adenosintriphosphat), welches durch die hydrolytische Spaltung in ADP (Adenosindiphosphat) und freies Phosphat (Pi) die notwendige Energie liefert (Dephosphorylierung). Allerdings ist in der Muskelzelle nur eine sehr begrenzte Menge (5 mmol/kg Muskelmasse = 3-4 max. Muskelkontraktionen von höchstens 1s Dauer) an ATP vorhanden,<sup>76</sup> weshalb es ständig aus den Spaltprodukten ADP und Pi resynthetisiert werden muss. Die dazu notwendige Energie stammt aus dem Abbau der Hauptnährstoffe, wobei als Nebenprodukt prinzipiell immer Wärme entsteht. Die Resynthese (Rephosphorylierung) vollzieht sich dabei im Wesentlichen über die Substrate Kreatinphosphat (KP), Glukose bzw. Glykogen sowie den Fettsäuren und kann auf aerobem (mit Sauerstoff) oder anaerobem Wege (ohne Sauerstoff) stattfinden. Proteine spielen im Energiestoffwechsel nur eine untergeordnete Rolle (2-3 Prozent). Sie können aber in bestimmten Situationen (Kohlenhydratmangel, Überanstrengung) verstärkt zur Energiegewinnung herangezogen werden. Der jeweilige Anteil dieser Substrate an der Energiegewinnung hängt in erster Linie von der Intensität und Dauer der Muskelbelastung, aber auch vom Trainings- und Ernährungszustand des Organismus ab.<sup>77</sup> Ihr Abruf erfolgt zu Belastungsbeginn überwiegend parallel in einer zeitlichen Folge, wobei KP die höchste Geschwindigkeit bei der geringsten Kapazität und Fettsäuren die geringste Geschwindigkeit bei der höchsten Kapazität in der ATP-Synthese aufweisen.<sup>78</sup>

---

<sup>75</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>76</sup> Vgl. Rost 2002

<sup>77</sup> Vgl. Neumann 2003 u. Konopka 2003

<sup>78</sup> Vgl. Neumann 2003 u. Schek 2002

Die Resynthese des ATP kann zunächst über die Lohmann- sowie über die Myokinase-reaktion erfolgen.<sup>79</sup> Im Zellplasma wird dabei im Falle der Lohmann-Reaktion ein Phosphatrest eines Kreatinphosphat-Moleküls, unter Bildung eines ATP-Moleküls auf das ADP übertragen. Die Kapazität dieser Reaktion wird durch die Größe der Kreatinphosphatspeicher (25 mmol/kg) limitiert. Weiterhin kann ein Phosphatrest eines ADP-Moleküls auf ein anderes unter Bildung von ATP und AMP (Adenosinmonophosphat) übertragen werden (Myokinase-Reaktion).

Im nächsten Schritt der Resynthetisierung werden die Kohlenhydrate metabolisiert. Dabei entsteht aus den Ausgangssubstanzen Glykogen bzw. Glykose das Pyruvat (Glykolyse). Dieses kann auf zwei verschiedenen Stoffwechselwegen weiterverarbeitet werden. Zum einen verbleibt es im Zytoplasma und wird unter Aufnahme von Wasserstoff (von NADH+H<sup>+</sup>-Molekülen) zu Laktat umgebaut, was den anaeroben Teil der Glykolyse kennzeichnet. Die Kapazität wird hier vom Ausmaß der Laktatanhäufung bis hin zur Azidose (Übersäuerung) im Muskel bestimmt.

Zum anderen gelangt das Pyruvat in die Mitochondrien und wird dort zu Azetyl-Coenzym A umgebaut. Dieser Prozess benötigt im weiteren Verlauf Sauerstoff, weshalb dies als aerobe Glykolyse bezeichnet wird. Beide Prozesse laufen prinzipiell nebeneinander ab, so dass auch unter Ruhebedingungen Laktat gebildet wird.<sup>80</sup>

Die Fettsäuren werden aus Triglyzeriden in der Muskulatur oder im Fettgewebe abgespalten (Lipolyse) und in die Mitochondrien eingeschleust, wo sie in der Betaoxidation in Azetyl-CoA-Moleküle zerlegt werden.

Die aktivierte Essigsäure (Azetyl-CoA) stellt dabei den Knotenpunkt des Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fettstoffwechsels dar, welche die Abbauprodukte der Hauptnährstoffe in den Zitratzyklus einschleust.<sup>81</sup> Dabei geht sie eine Verbindung mit dem Oxalazetat zum Ziträt ein, was den Ausgangspunkt dieses Kreisprozesses darstellt. Dessen Funktion ist an das Vorhandensein von Oxalazetat gekoppelt, welches beim Abbau der Kohlenhydrate (Randle-Zyklus) entsteht und deren Bedeutung beim vollständigen Abbau der Hauptnährstoffe unterstreicht.

In der letzten Stufe der oxidativen Verbrennung wird der in der Glykolyse, der Betaoxidation und dem Zitratzyklus gebildete Wasserstoff von NAD<sup>+</sup> und FAD-Molekülen zur Atmungskette transportiert und dort mit dem über die Lungen und die Blutbahn an die Zelle herantransportierten Sauerstoff verbunden. Bei dieser Reaktion wird die große Energie der Wasser-

---

<sup>79</sup> Vgl. Rost 2002

<sup>80</sup> ebenda

<sup>81</sup> Vgl. Konopka 2003

stoffmoleküle unter Bildung von ATP und Wasser auf ADP übertragen. Sie ist die energiereichste unseres Organismus. Abschließend wird das gebildete ATP energieverbrauchend im Austausch mit ADP aus den Mitochondrien geschleust und zur Bildung von Kreatinphosphat aus freiem Kreatin genutzt. Als Endprodukte entstehen beim vollständigen Abbau der Hauptnährstoffe Kohlendioxid im Zitratzyklus und Wasser in der Atmungskette.

### 2.4.1 Energiebereitstellung im Sport

Wie im vorhergehenden Abschnitt bereits erwähnt wurde, dienen die mit der Nahrung aufgenommenen Hauptnährstoffe der Regeneration der energiereichen Phosphate. In welcher Anteiligkeit bzw. in welcher Reihenfolge diese nun im Sport zur Energiegewinnung genutzt werden, hängt nach Konopka<sup>82</sup> zunächst von der energetischen Flussrate (Leistungsfähigkeit des energieliefernden Systems), dem energetischen Sauerstoffäquivalent sowie dem energetischen Nutzeffekt ab. Wichtig ist hierbei anzumerken, dass niemals ein System allein zur Energiebereitstellung beiträgt, sondern lediglich in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation bzw. der Belastungsstruktur der Sportart eine Verschiebung zu Gunsten eines Systems stattfindet.

Die energetische Flussrate gibt dabei an, wie schnell Energie freigesetzt werden kann. Sie ist bei den energiereichen Phosphaten (ATP, KP) am schnellsten und bei den Fetten am langsamsten. Dies bedeutet, dass umso intensiver eine Belastung wird, desto mehr verschiebt sich die Energiegewinnung in Richtung der energiereichen Phosphate sowie der anaeroben Glykolyse. Dies wird unter anderem auch dadurch

Energielieferndes System	Kapazität (mmol×kg <sup>-1</sup> )	ATP-Menge pro Molekül (mol)	Leistungsfähigkeit (mmol×kg <sup>-1</sup> ×s <sup>-1</sup> )
Kreatinphosphat → Kreatin	26	1	2,6
Glykogen → Laktat	60-75	3	1,4
Glykogen → CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	Ca. 3100	33	0,51-0,68
Fettsäuren → CO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	nahezu unbegrenzt	130 (Palmitin-Säure)	0,24

Tab. 9: Eigenschaften der verschiedenen ATP-Resynthesewege<sup>83</sup>

bedingt, dass die Kapazität der aeroben Enzymsysteme bei einer entsprechenden Intensität allein nicht mehr ausreicht. Eine ähnliche Beziehung besteht auch in der anteiligen Sub-

<sup>82</sup> Vgl. Konopka 2002

<sup>83</sup> modifiziert nach Rost: Lehrbuch der Sportmedizin, 2002, 37

stratnutzung bei Betrachtung der oxidativen Verbrennung der Hauptnährstoffe, welches im respiratorischen Quotient seinen Ausdruck findet. So steigt der Kohlenhydratanteil, je intensiver eine Belastung ist und der Fettanteil, je länger die Belastung dauert (bei Intensitäten von 30-70% VO<sub>2</sub>max) und je ausdauertrainierter der Organismus ist.<sup>84</sup>

Das energetische Sauerstoffäquivalent ist für Sportler, die an der Grenze ihrer maximalen Sauerstoffaufnahmefähigkeit arbeiten von Bedeutung. Es gibt an, wie viel Energie (in kJ/kcal) pro Liter aufgenommenen Sauerstoff aus einem entsprechenden Nährstoff gewonnen werden kann. Die Kohlenhydrate weisen diesbezüglich mit einem Wert von 5,05 kcal das günstigste Verhältnis auf, gefolgt von den Fetten mit 4,65 kcal und den Eiweißen mit 4,48 kcal.<sup>85</sup> Die Fettsäuren brauchen also im Vergleich zum Glykogen bzw. zur Glukose trotz ihrer höheren Ausbeute an ATP (oder Energie in kcal/kJ) pro eingesetztem mol Substrat mehr Sauerstoff im Prozess der Energiegewinnung, da das Fettsäuremolekül weniger Sauerstoff als das Glukosemolekül aufweist.

Der energetische Nutzeffekt ist ein Maß dafür, inwiefern die in den Nährstoffen enthaltene Energie (physiologischer Brennwert)<sup>86</sup> tatsächlich auch über den Stoffwechsel dem Organismus in einer entsprechenden Menge an ATP verfügbar gemacht wird. Er ist bei der oxidativen Fettverbrennung (43 %) sowie der aeroben Glykolyse (42 %) am größten und beträgt im Falle der anaeroben Glykolyse lediglich 32 %. So verläuft die Energieausbeute bei der vollständigen Oxidation im Gegensatz zur anaeroben Glykolyse wesentlich effektiver und liefert eine deutlich größere Menge an ATP. Diese erfolgt dafür aber auch wesentlich schneller. Die Fette liefern im Vergleich dazu die größte Energiemenge, benötigen dafür aber auch deutlich mehr Zeit.

Zusammengefasst ergeben sich in sportlicher Hinsicht drei Wege der Energiebereitstellung:<sup>87</sup>

- die **anaerob-alaktazide Energiebereitstellung** durch den Zerfall der energiereichen Phosphate ATP und Kreatinphosphat,
- die **anaerob-laktazide Energiebereitstellung** durch den ohne Sauerstoffverbrauch vollzogenen Abbau der Glukose bzw. des Glykogens zu Laktat,
- die **aerobe Energiebereitstellung** durch den unter Sauerstoffverbrauch vollzogenen Abbau der Hauptnährstoffe zu Kohlendioxid und Wasser.

---

<sup>84</sup> Vgl. Rost 2002

<sup>85</sup> Vgl. Konopka 2003

<sup>86</sup> Vgl. Tabelle 2, S. 8

<sup>87</sup> Vgl. Konopka 2003

Unter Berücksichtigung der Kapazität der Energiespeicher und der dadurch möglichen Zeitdauer der Belastung bei höchstmöglicher Intensität lässt sich die Energiebereitstellung wie folgt darstellen:<sup>89</sup>

**1. Kurze explosive Belastungen mit bis zu 2 Sekunden Dauer** werden fast ausschließlich über den Zerfall von ATP realisiert.

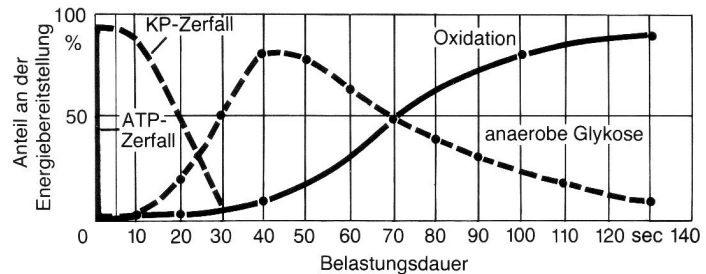


Abb. 6: Unterschied in der Energiebereitstellung durch verschiedene Substrate in Abhängigkeit von Zeitdauer und Intensität der Belastung (nach Keul/Doll/Keppler)<sup>88</sup>

**2. Kurze explosive Belastungen mit bis zu 6-10 Sekunden Dauer** werden fast ausschließlich über die Resynthese des ATP durch Krea-

tinphosphat realisiert. Diese Art der Energiegewinnung spielt in den Intervallsportarten und speziell im Beachvolleyball eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 2.5.4). Als limitierender Faktor tritt hier die Größe der Substratspeicher (Kreatinphosphat) auf.

**3. Maximale Belastungen mit bis zu 40-50 Sekunden Dauer** werden nach ca. 6-8 Sekunden zunehmend durch die anaerobe Glykolyse realisiert. Sie erreicht am Ende dieses Zeitintervalls mit maximalen Laktatwerten von über 15 mmol/l ihren Höhepunkt. Eine Fortsetzung der Belastung ist bei Aufrechterhaltung der Intensität danach nicht mehr möglich, da die Übersäuerung (p-Wert 6,8 im Blut) die Enzymsysteme der anaeroben Glykolyse hemmt.

**4. Belastungen mit bis zu 3 Minuten Dauer** werden zunehmend durch die aerobe Oxidation des Glykogens bzw. der Glukose gewährleistet. Limitierend auf die mögliche Intensität wirkt hier in zunehmendem Maße die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit (aerobe Kapazität) des Organismus.

**5. Belastungen von längerer Dauer** werden vornehmlich durch die aerobe Oxidation realisiert. Die anteilige Substratnutzung verschiebt sich, abhängig von der Intensität, mit zunehmender Dauer nach 30-120 Minuten von einem Überwiegen der Glykogen- bzw. Glukoseverbrennung hin zu Gunsten der Fettsäure-Oxidation (60-70 % nach mehreren Stunden<sup>90</sup>). Die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit ist hier der leistungslimitierende Faktor.

<sup>88</sup> entnommen aus Konopka: Sporternährung, 2003, 41

<sup>89</sup> Vgl. Konopka 2003 u. Geiß/Hamm 2000

<sup>90</sup> Vgl. Rost 2002

Bei höheren Intensitäten im Bereich der anaeroben Schwelle (85 % VO<sub>2</sub>max) erfolgt die Energiebereitstellung noch vorwiegend aerob durch die Oxidation des Glykogens bzw. der Glukose, wobei die sich entleerenden Glykogenspeicher limitierend wirken und es zu einem deutlichen Anstieg der Laktatwerte kommt.<sup>91</sup>

## **2.5 Beanspruchungsprofil im Beachvolleyball**

Für eine optimale Trainingsgestaltung und Wettkampfvorbereitung sowie deren energetische Sicherung durch eine entsprechende Ernährung sind die Kenntnisse der Belastungsstruktur einer Sportart von eminenter Bedeutung. Diesbezüglich gehen Experten von einer großen Ähnlichkeit zum Hallenvolleyball aus, jedoch wird Beachvolleyball im Gegensatz zum Hallenspiel, welches den großen Mannschaftsspielen zugeordnet wird, eher als Rückschlagspiel mit Mannschaftscharakter bezeichnet.<sup>92</sup> Durch die speziellen Beachvolleyball-Spielregeln, den fortbewegungshemmenden Sanduntergrund sowie die verschiedenen Witterungseinflüsse wird die Anforderungsstruktur dieser Sportart in koordinativer, kognitiver, taktischer und athletischer Hinsicht auf vielfältige Weise beeinflusst. So wird Beachvolleyball im Allgemeinen als belastungsintensiver eingeschätzt als die Indoor-Variante dieses Spiels.<sup>93</sup>

Ausgehend von dieser komplexen Anforderungsstruktur kann Beachvolleyball ähnlich wie Hallenvolleyball als azyklische Kurzzeit-Intervall-Sportart charakterisiert werden.<sup>94</sup> Diese kurzzeitigen muskulären Belastungen führen aus energetischer Sicht zu einem Überwiegen der anaerob-alaktaziden mit Anteilen der anaerob-laktaziden Energiegewinnung,<sup>95</sup> was im Folgenden durch die Analyse der Spielstruktur sowie weiterer physiologischer Kennwerte näher erläutert werden soll.

### **2.5.1 Allgemeine Charakteristika**

Für die Charakterisierung der Belastung sollen zunächst einige allgemeine Parameter, wie beispielsweise die äußere Spielstruktur (Spiel- und Turniermodi, Regelwerk, etc.) oder die

---

<sup>91</sup> Vgl. Knechtle 2002

<sup>92</sup> Vgl. Voigt 1998 u. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>93</sup> Vgl. Tank In: Schlockermann/Mackerodt 2000

<sup>94</sup> Vgl. Voigt 1998 u. Vetter 1999

<sup>95</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

variablen Umweltbedingungen Erwähnung finden. Dies soll aus pragmatischen Gesichtspunkten in Bezug auf die energetische Sicherung einer leistungsorientierten Muskelarbeit im Beachvolleyball auf einige Hauptmerkmale und Unterscheidungskriterien zum Hallenspiel beschränkt bleiben bzw. soll sich an Veränderungen, die sich in den letzten Jahren vollzogen haben (z.B. Verkleinerung des Spielfeldes), orientieren, da sie die nachfolgend angeführten quantitativen Strukturanalysen und somit die Einordnung der physischen und psychischen Belastung beeinflussen können. In diesem Sinne können als charakteristisch gelten:

- Beachvolleyball wird auf einem 8m × 16m (früher 9 × 18) großen Feld gespielt, wobei eine Mannschaft aus zwei Spielern besteht, die im Verlauf eines Spiels oder des Turniers nicht ausgewechselt werden können.
- Als Spieluntergrund dient ein nachgebender Sandboden, der von seiner Beschaffenheit unterschiedlich sein kann und somit an verschiedenen Spielorten eine andere Belastung induziert.<sup>96</sup> Dieser verlangt von den Spielern andere Krafteigenschaften, als dies im Hallenspiel der Fall ist. So ist bei allen Sprung- und Schlaghandlungen die Schnellkraft mit einer höheren Maximalkraftgrundlage im Beachvolleyball von überragender Bedeutung, wohingegen die reaktiven Kraftfähigkeiten bedeutungslos sind.
- Der Spielball ist schwerer und aufgrund des Luftdrucks und seiner Oberfläche weicher als der Hallenvolleyball.
- Gespielt werden zwei Gewinnsätze bis 21 Punkte. Konnte eine Entscheidung innerhalb dieser nicht herbeigeführt werden, wird ein dritter Satz bis 15 Punkte ausgespielt (Tiebreak), wobei 2 Punkte Vorsprung ohne Limit nach oben zum Gewinn dieses Satzes benötigt werden.
- Pro Satz stehen jeder Mannschaft zwei Auszeiten je 60 Sekunden (früher vier) zur Verfügung.
- Gezählt wird nach dem Rally-Point-System, d.h., jeder Aufschlag führt zu einem Punktgewinn. Nach jeweils 7 gespielten Punkten erfolgt ein Seitenwechsel ohne Zeitverzug (früher 30 Sekunden). Die Pausen zwischen den Ballwechseln sind auf maximal 12 Sekunden begrenzt.
- Im Beachvolleyball existieren spezielle Beachtechniken bzw. Technikvarianten und beachvolleyballspezifische Taktiken in Bezug auf Annahme, Angriffsaufbau, Angriff

---

<sup>96</sup> Vgl. Vetter/Nicol 2003

sowie Block- und Feldabwehr, die sich zum Teil deutlich von der Hallentechnik unterscheiden.<sup>97</sup>

- Eine Beachvolleyballsaison besteht ausschließlich aus Turnieren. Auf nationaler Ebene haben sich dabei eine Cup-Serie und eine Masters-Serie mit dem Höhepunkt der deutschen Meisterschaften am Timmendorfer Strand etabliert. International finden die von der FIVB ausgerichtete World Tour sowie weitere CEV Turniere statt. Die Turnierbelastung betrug 1998 beispielsweise im Falle von Ahmann/Hager 15 und bei Dieckmann/Dieckmann 26 Turniere, wobei sich eine deutliche Häufung der Turniere innerhalb von vier Monaten (Juni-September) zeigt.<sup>98</sup> Ein guter Überblick zur saisonalen Gesamtbelastung der Damen wird diesbezüglich von Voigt geliefert:<sup>99</sup>

8,0 Monate Beach-Training und –Turniere
9 Std/Woche Training von Technik, Taktik und side-out
3 Std/Woche Kraft
0,7 Std/Woche zyklische aerobe sandungebundene Ausdauer
pro TE: 77 Sprünge, davon 54 Angriffe, 39 Aufschläge (selten im Sprung) und 25 dives.

Tab. 10: Saisonaler Gesamtbelastungsumfang von deutschen Beachvolleyballerinnen der Masters Serie (Saison 1998, n = 20)

Die Gesamtbelastung der Herren, vor allem im Bereich des Kraft- und Ausdauertrainings, liegt deutlich höher.<sup>100</sup>

- Die Turniere finden in der Regel an Wochenenden statt, wobei je nach Größe des Turniers z.B. die Qualifikationsrunde an den Tagen davor ausgetragen wird. Gespielt wird nach dem doppelten K.o.-System mit einer Gewinner- und einer Verliererrunde. Danach scheidet eine Mannschaft erst aus dem Turnier aus, wenn sie zwei Spiele verloren hat. In Bezug auf die Belastung ist hierbei anzumerken, dass die Spiele der Verliererrunde oftmals in einer dichteren zeitlichen Abfolge als die der Gewinnerrunde ausgetragen werden. Weiterhin ist beim Durchlaufen des Loser Brackets die

<sup>97</sup> Vgl. Papageorgiou/Wilberg 2000

<sup>98</sup> Vgl. Schlockermann/Mackerodt 2000 u. Voigt 1999

<sup>99</sup> Voigt: Leistungssport im Beachvolleyball aus sportorthopädischer und sporttraumatologischer Sicht, 1998, 24

<sup>100</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

absolute Anzahl der zu absolvierenden Spiele größer. Sie kann pro Tag bis zu 5<sup>101</sup> und absolut bis zu 10 Spiele an einem Wochenende (ohne Qualifikation) betragen.<sup>102</sup>

- Beachvolleyball findet im Gegensatz zum Hallenspiel unter freiem Himmel statt. Die dadurch wirkenden variablen Umwelteinflüsse (Wind, Sonne, Regen, Temperatur) bedingen eine oftmals stärkere Belastung (physisch wie psychisch).<sup>103</sup>

Die aufgeführten Charakteristika des Beachvolleyballspiels geben den Rahmen zur Einordnung der physischen und psychischen Belastung vor, welcher durch die nachfolgend angeführten quantitativen Strukturanalysen näher spezifiziert werden soll.

### 2.5.2 Physische Beanspruchung

Zur Einordnung der physischen Belastung sollen einige Belastungskennwerte, welche in verschiedenen Strukturanalysen in der Vergangenheit ermittelt wurden, herangezogen werden. Dabei muss vorweg angemerkt werden, dass sich die nachfolgend genannten Kennwerte teilweise verschoben haben können, da sich in der Folgezeit einige Regeländerungen ergaben. Die Veränderungen zeigen sich in den von Ahmann<sup>104</sup> ermittelten Werten. Sie sind im Wesentlichen auf folgende Regeländerungen zurückzuführen:

- Einführung des Rally-Point-Systems
- Verkleinerung des Spielfeldes von 9×9m auf 8×8m
- Verringerung der Auszeiten von 4 auf 2 pro Team und Satz
- Begrenzung der Pausen zwischen den Ballwechseln auf maximal 12 Sekunden
- Erlaubte Netzberührung des Balles beim Aufschlag

Sie haben nach Ahmann<sup>105</sup> zu weniger und kürzeren Unterbrechungen sowie zu längeren Ballwechseln im Spiel geführt und somit die physische Belastung für die Spieler erhöht.

---

<sup>101</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

<sup>102</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>103</sup> Vgl. Vetter 1998

<sup>104</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

<sup>105</sup> ebenda

Zunächst sollen einige allgemeine Spielparameter, wie die Spielzeiten, die Ballwechsellängen sowie die Pausenzeiten miteinander verglichen werden, da sie einen guten Aufschluss über die durchschnittlichen Belastungszeiten geben. Nach Voigt<sup>107</sup> dauert ein Wettspiel ca. 40

Minuten plus 20 Minuten Ein-  
spielzeit, sodass ein Spieler pro  
Spiel ca. eine Stunde involviert  
ist. Ahmann<sup>108</sup> hat in seiner  
Arbeit die Entwicklungen der  
letzten Jahre zusammengefasst

- **24,2 % Auszeiten und Seitenwechsel**
- **53,4 % Pausen zwischen den Ballwechseln**
- **22,4 % Effektive Spielzeit**

Tab. 11: Spielphasen eines Wettspiels im Beachvolleyball am Beispiel Ahmann/Hager<sup>106</sup>

und gibt für das Jahr 2001 einen Wert von 45,06 Minuten an. Der Anteil der effektiven Spielzeit (reine Spielzeit ohne Pausen, Seitenwechsel und Auszeiten) beträgt dabei 22,11 % (10,15 min.). Hansen<sup>109</sup> ermittelte diesbezüglich auch einen Einfluss der klimatischen Verhältnisse. So dauern Spiele an wärmeren Orten länger als an kälteren, was auf eine Verlängerung der Pausenzeiten zwischen den Ballwechseln sowie auf eine optimalere Ausnutzung der Auszeiten und Seitenwechsel zurückgeführt wird.

Einen guten Aufschluss über die energetische Substratnutzung kann die Betrachtung der Ballwechsellängen liefern. Die sich darstellende linksschiefe Verteilung, welche eine große Ähnlichkeit zum Hallenspiel aufweist, zeigt im Wesentlichen drei Häufungsschwerpunkte.<sup>110</sup> Der Erste beinhaltet dabei alle Fehlaufschläge, Asse und direkte Annahmefehler. Der Zweite Häufungsschwerpunkt ist der deutlich stärkste und beinhaltet alle Ballwechsel mit drei, vier oder fünf Ballberührungen. Der letzte Häufungspunkt wird durch Ballwechsel markiert, wo der Ball mehr als zweimal das Netz überquert. Er ist sehr viel breiter und nicht so stark ausgeprägt. Die prozentuale Verteilung zeigt dabei, dass zwei Drittel der Ballwechsel nach 7 Sekunden, 78 Prozent nach 8 Sekunden und 90 Prozent nach 10,9 Sekunden beendet sind. Ahmann<sup>111</sup> ermittelte bezüglich des Einflusses der neuen Regeln einen Anstieg des Mittelwertes aller Ballwechsel von 6,8 Sekunden auf 7,39 Sekunden. Weiterhin hat der erste Häufungsschwerpunkt stark abgenommen, da der Anteil der Fehlaufschläge und Asse wesentlich gesunken ist.

---

<sup>106</sup> Vgl. Hansen 1998

<sup>107</sup> Vgl. Voigt 1998

<sup>108</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

<sup>109</sup> Vgl. Hansen 1998

<sup>110</sup> ebenda

<sup>111</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

Der Zeitraum zwischen den Ballwechseln wird bei Hömberg/Papageorgiou<sup>112</sup> im Mittel mit 20 Sekunden angegeben und ist somit 3-4 mal länger (je nach Spielniveau) als die Belastungsdauer. Ahmann<sup>113</sup> ermittelte dagegen in Folge der neuen Regeln eine Pausendauer von 15,48 Sekunden und ein Verhältnis von Belastung zu Pause von 1:2, was er im Wesentlichen auf die Verlängerung der Ballwechsel und die striktere Handhabung der 12-Sekunden Regel durch die Schiedsrichter zurückgeführt.

Eine spezielle Charakterisierung der physischen Belastung erfolgt im Allgemeinen durch die Analyse der Sprung- und Laufhandlungen. Die Belastungsprofile sehen, unter der Voraussetzung der Gleichverteilung des Aufschlags, wie folgt aus:<sup>114</sup> Ein Spieler absolviert in einem Wettspiel ca. 50-60 Sprünge (66 % Aufschlag → Anteil des Sprungaufschlags, Block, Angriff), wobei zu berücksichtigen ist, dass Angriffssprünge generell als belastender eingestuft werden als Blocksprünge, da sie in der Regel einen gewissen Anlauf voraussetzen. Weiterhin werden pro Spiel ca. 60 Antritte, mit einer durchschnittlich zurückgelegten Wegstrecke von 4-6 Metern, durchgeführt. Die Angaben zur Belastungsdichte der Lauf- und Sprunghandlungen sind in der Literatur nicht einheitlich, da sie sich auf unterschiedliche Spielzeiten beziehen. So geben Hömberg/Papageorgiou<sup>115</sup> bezogen auf die reine Spielzeit (Gesamtspielzeit abzüglich Auszeiten und außergewöhnlichen Spielunterbrechungen) eine Sprungdichte von 42 Sekunden und eine Antrittsdichte von 15,4 Sekunden mit einer zurückgelegten Wegstrecke von 3,3 Metern an. Bei Hansen<sup>116</sup> wurden die Belastungsdichten in Bezug zur Gesamtspielzeit abzüglich der Auszeiten und Seitenwechsel gesetzt sowie nach festen Abwehrpositionen aufgeschlüsselt, da ca. 38 Prozent der Top 20-FIVB-Teams mit einem festen Blockspieler spielen. Er gibt die Sprungdichten mit 27-36 Sekunden für den Blockspieler und 43-54 Sekunden für den Angriffsspieler sowie die Antrittsdichten mit 32-44 Sekunden und 34- 48 Sekunden an (in gleicher Reihenfolge). Anzumerken bleibt bezüglich der hier aufgeführten Belastungswerte, dass sie sich auf eine Gleichverteilung des Aufschlags bzw. der Annahme beziehen. In der Praxis wird aber häufig nur auf einen Spieler aufgeschlagen, sodass sich wesentlich stärkere Belastungen ergeben können.<sup>117</sup>

Schließlich sind in dieser Betrachtung auch die physiologischen Parameter wie Herzfrequenz und Blutlaktat von großem Interesse, da sie eine relativ genaue Bestimmung der kardialen und

---

<sup>112</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>113</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

<sup>114</sup> Vgl. Hansen 1998; Ahmann (Regeländerungen); Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>115</sup> ebenda

<sup>116</sup> ebenda

<sup>117</sup> Vgl. Ahmann (Regeländerungen)

metabolischen Beanspruchung zulassen. Hömberg/Papageorgiou<sup>118</sup> geben diesbezüglich für das mittlere Leistungsniveau eine durchschnittliche Herzfrequenz von rund 140 Schlägen pro Minute und einen mittleren Laktatwert von 2,56 mmol pro Liter Blut an. Die Werte für das internationale Spitzenniveau liegen deutlich darüber, wurden aber nur anhand einer Pilotstudie bei einer Männer- und einer Frauenmannschaft ermittelt. Dabei erreichte der Blockspezialist durchschnittliche Laktatwerte von 2,65 mmol/l Blut und mittlere Herzfrequenzen von 162 Schlägen pro Minute. Der Abwehrspezialist erreichte Werte von 3,12 mmol Laktat und eine Herzfrequenz von 153 Schlägen pro Minute. Die Spitzenwerte lagen bei 4,1 mmol/l Blutlaktat und Herzfrequenzen von knapp 180 Schlägen pro Minute. Bei den Damen lagen die Werte niedriger, da sie in der Abwehr nicht spezialisiert agierten. Sie erzielten durchschnittlich Laktatwerte von 2,5 bzw. 1,53 mmol/l und Herzfrequenzen von 164 bzw. 179 Schlägen, wobei sich die niedrigen Werte einer Spielerin auf die Aufschlagstrategie des Gegners zurückführen lassen.

Eine in dieser Hinsicht aussagekräftigere Studie wurde an der Technischen Universität München durchgeführt.<sup>119</sup> Untersucht wurden 20 Spieler und Spielerinnen der bayrischen Rangliste. Die durchschnittlichen Herzfrequenzen der Männer lagen bei 160 Schlägen pro Minute (Frauen 151). Das Mittel der 10 intensivsten Aktionen ergab Werte von 174 bei den Männern und 163 Schläge bei den Frauen, wobei Spitzenwerte bis 187 Schläge gemessen wurden. Die Laktatwerte lagen durchschnittlich bei 3,19 mmol/l und das Mittel der Maximalwerte bei 4,52 mmol/l (Frauen 2,22 und 3,19 mmol/l). Die Sauerstoffaufnahme erreichte durchschnittlich im Verlauf des Spiels mehr als 35 und bei längeren Ballwechseln mehr als 50 ml/kg×min, was einer maximalen Sauerstoffaufnahme von mehr als 90 Prozent entspricht. Die Autoren<sup>120</sup> schließen daraus, dass Beachvolleyball eine überdurchschnittliche aerobe Leistungsfähigkeit voraussetzt, da die Herzfrequenzen und Laktatwerte im Mittel um 10 Schläge bzw. um 1 mmol/l Blut höher lagen als im Hallenvolleyball.

### **2.5.3 Psychische Beanspruchung**

Wie bei anderen Wettkampfsportarten auf hohem Niveau spielt auch im Beachvolleyball die psychische Belastung eine wichtige Rolle, da physische Leistungsvorteile bei der heutigen zunehmenden Leistungsdichte in der Weltspitze immer schwieriger zu realisieren sind. So

---

<sup>118</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>119</sup> Vgl. Lorenz, Roll, Wiebke, Jeschke 2001

<sup>120</sup> ebenda

entscheidet der mentale Umgang mit psychisch belastenden Situationen, wie beispielsweise den variablen Umweltbedingungen, oftmals über Erfolg und Misserfolg. Prinzipiell können diese belastenden Situationen in zwei Bereiche eingeteilt werden. Dies sind zum einen innere, die Spielstruktur und deren Variabilität in der situativen Aufgabenerfüllung betreffende Faktoren sowie äußere Faktoren, welche sich aus den variablen Umwelt- und Umfeldbedingungen zusammensetzen. Hömberg/Papageorgiou<sup>121</sup> beurteilen die psychische Belastung im Beachvolleyball höher als im Hallenspiel und führen diesbezüglich folgende Argumente an:<sup>122</sup>

#### Innere Faktoren:

- Die Intensität des Spiels und die Erwartungshaltung an die Annahmespieler und den Angreifer sind höher. So entspricht der Angriff gegen einen Blockspieler und einen Feldverteidiger einer individuellen sportlichen Auseinandersetzung. Außerdem ist die Dominanz des Angreifers gegen nur zwei Abwehrspieler höher, als dies beim Hallenvolleyball mit sechs Abwehrspielern der Fall ist.
- Beim Beachvolleyball agieren lediglich zwei Spieler auf einem 64 Quadratmeter großen Feld, weshalb beide Spieler über gute Wahrnehmungs-, Entscheidungs- und Kommunikationsfähigkeiten verfügen müssen. Auch lassen sich Schwächen in dieser Konstellation kaum verbergen und werden vom Gegner konsequent ausgenutzt. So zielt die gegnerische Aufschlagtaktik oft nur darauf ab, einen Spieler vermehrt anzuspieren, um dessen physische und psychische Widerstandskraft zu brechen. Demzufolge ist auch die Angst vor Misserfolg größer, da dieser schlechter verallgemeinert und nur der Mitspieler in die Verantwortung mit einbezogen werden kann.

#### Äußere Faktoren:

- Die variablen Umwelt- und Witterungsbedingungen (Sandboden, Wind, Sonne, Regen, Temperatur) verlangen von den Spielern ein hohes Maß an Flexibilität und Anpassungsvermögen (Psychoregulation), sodass bei gleich starken Mannschaften einer dieser Faktoren bereits ausschlaggebend für den Erfolg oder Misserfolg sein kann.
- Die möglicherweise hohe Anzahl von Spielen an einem Turnierwochenende verlangt von den Spielern eine hohe psychische Ausdauerleistungsfähigkeit.

---

<sup>121</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997

<sup>122</sup> Vgl. auch Papageorgiou/Wilberg 2000

- Das im Vergleich zum Hallenspiel ungleich größere Medien-, Sponsoren- und Zuschauerinteresse sowie die zum Teil hohen Preisgelder bedingen einen sehr hohen Erwartungsdruck an die Spieler. So entscheidet ein einziger Fehler oder Punktgewinn oft über den Gewinn oder Verlust hoher Preisgelder.

In diesem Zusammenhang erwarteten die Autoren<sup>123</sup> in Übereinstimmung mit Ahmann<sup>109</sup> für die nachfolgenden Regeländerungen (Einführung des Rally-Point-Systems) eine deutlich erhöhte psychische Belastung.

Deren Bedeutung für ein psychophysisches Ressourcenmanagement im Sinne der Leistungs-optimierung wurde in der Untersuchung von Vetter<sup>124</sup> noch einmal hervorgehoben. So reagierte ein muskelphysiologischer Kennwert wie das Blutlaktat stärker auf erhöhten Anforderungsdruck und größere Anspannung, als auf intensivere und dichtere Belastungsgestaltung. Die Autorin<sup>125</sup> führt dies auf eine Erhöhung des Aktivierungsniveaus mit Verlassen der optimalen Funktionslage zurück. Dies bewirkt über die Spielzeit eine Erhöhung der gesamten muskulären Spannung und somit einen gesteigerten Energieverbrauch. Die pro Zeiteinheit mehr benötigte Energie führt zu einem Ansteigen der anaeroben Glykolyse, was zu einer erhöhten Laktatbildung führt.

In Bezug auf die hier angeführten Belastungssituationen lässt sich einschränkend anmerken, dass das Belastungserleben eine subjektive Komponente ist (Belastungs-Beanspruchungs-Konzept),<sup>126</sup> die in entscheidendem Maße von der Selbstregulationsfähigkeit des Spielers abhängt. So erfordert eine Sportart wie Beachvolleyball nicht nur eine individuelle Vorbereitung in Bezug auf die konditionellen, technischen und taktischen Fähigkeiten, sondern auch in besonderem Maße im Bereich der subjektiven Wahrnehmungs-, Bewertungs- und Verarbeitungsfähigkeiten der Spieler.<sup>127</sup> In diesem Sinne kann auch keine der hier aufgeführten Situationen als herausragend belastender als die andere identifiziert werden, um eine beachvolleyballspezifische psychische Belastung zu kennzeichnen. So konnte Vetter<sup>128</sup> zeigen, dass es für den Einzelnen keine absoluten oder immer Stress auslösenden Belastungsbedingungen gibt.

---

<sup>123</sup> Vgl. Papageorgiou/Wilberg 2000 u. Ahmann (Regeländerungen)

<sup>124</sup> Vgl. Vetter 1999

<sup>125</sup> ebenda

<sup>126</sup> Vgl. z.B. Richter 2000

<sup>127</sup> Vgl. Vetter 1998

<sup>128</sup> Vgl. Vetter 1998

#### 2.5.4 Schlussfolgerungen für die Energiebereitstellung und den Bedarf

Wie eingangs im Kapitel 2.5 bereits erwähnt, lässt sich aus der speziellen Belastungsdynamik sowie der motorischen Belastung im Wettspiel schlussfolgern, dass Beachvolleyball als alaktazider Kurzzeit-Intervall-Sport charakterisiert werden kann. Die Betrachtung der Ballwechsellängen zeigt dabei deutlich die Dominanz der anaerob alaktaziden Energiegewinnung durch die energiereichen Phosphate ATP und KrP, deren oxidative Resynthese in den Spiel- und Ballwechselferien erfolgt. Diese sind in der Regel auch ausreichend bzw. werden von den Spielern entsprechend verlängert,<sup>129</sup> um das in den 20- 30 Prozent länger andauernden Ballwechseln anfallende Laktat oxidativ zu eliminieren.<sup>130</sup> So kommt den energiereichen Phosphaten mit ihren schnellen Energieflussraten die bedeutendste Rolle für die Energiebereitstellung im Beachvolleyball zu. Da diese zum Teil über lange Zeiträume aufrechterhalten werden müssen (pro Spiel ca. 60 Minuten bei bis zu 5/10 Spielen am Tag/Wochenende), stellt insbesondere die aerobe Leistungsfähigkeit (aerobe Kapazität) eine wesentliche Komponente dar, um die energiereichen Phosphate schnellstmöglich zu resynthetisieren und somit die Leistungsfähigkeit zu erhalten. Dies wird besonders durch die zum Teil relativ hohen Laktat- und Herzfrequenzwerte im Bereich der aerob-anaeroben Schwelle dokumentiert. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der Kohlenhydrate als schnell verfügbarer Energieträger zur energetischen Sicherung einer derartigen Belastung ersichtlich. So sollten die Glykogenspeicher vor einem Wettkampf optimal aufgefüllt sein und zu ihrer Schonung bzw. Wiederauffüllung in den Spiel- und Ballwechselferien entsprechende Kohlenhydratsnacks bzw. Getränke mit Kohlenhydratanteil (siehe 2.3) aufgenommen werden.

Der Energiebedarf und die Verteilung der Makronährstoffe werden in der Literatur kontrovers diskutiert und sind bisher fast ausschließlich für das Hallenspiel aufgeschlüsselt worden. Lediglich Hömberg/Papageorgiou<sup>131</sup> und Tank<sup>132</sup> geben bezüglich der Nährstoffverteilung spezielle Richtwerte für Beachvolleyball an, welche im Wesentlichen den allgemeinen Empfehlungen<sup>133</sup> entsprechen. Durch den höheren Maximalkraftanteil und die oben beschriebenen möglichen Wettkampfbelastungen dürften sich die Werte für die Kohlenhydrate und Proteine eher am oberen Bereich der allgemein für Sportler angegebenen Werte orientieren. So ordnet

---

<sup>129</sup> Vgl. Voigt 1998

<sup>130</sup> Vgl. Vetter 1999

<sup>131</sup> Vgl. Hömberg/Papageorgiou 1997 u. Tank 2004

<sup>132</sup> Vgl. Tank 2004

<sup>133</sup> Vgl. Kapitel 2.2

beispielsweise Konopka<sup>134</sup> Volleyball nicht wie üblich den Sportsportarten, sondern den Schnellkraftsportarten zu, welche einen erhöhten Eiweißbedarf aufweisen (12-20%). Dies dürfte insbesondere auch auf Beachvolleyball zutreffen, wobei dafür allerdings die allgemeinen Richtwerte für die Nährstoffverteilung als Rahmen ausreichend erscheinen.

Der Energiebedarf eines Beachvolleyballers kann an dieser Stelle nur ungenügend abgeschätzt werden, da er von einer Vielzahl von Faktoren, wie etwa den klimatischen Bedingungen, dem Trainingsumfang und der Trainingsintensität, der beruflichen Tätigkeit sowie von Alter, Geschlecht und Muskelmasse (und weiteren Faktoren) abhängig ist.<sup>135</sup> Konopka<sup>136</sup> gibt den Tagesenergiebedarf eines Volleyballers mit 5300 kcal (22200 kJ) bzw. mit 65 kcal (272 kJ) pro Kilogramm Körpergewicht und Hollmann/Hettinger<sup>137</sup> den für Sportsportler mit 70 kcal (295 kJ) pro Kilogramm Körpergewicht an.

Prinzipiell und vereinfacht dargestellt kann der Gesamtenergiebedarf in Grundumsatz, Arbeits- und Freizeitumsatz sowie in Leistungs- oder Trainingsumsatz unterteilt werden.<sup>138</sup> Dabei versteht man unter Grundumsatz den Energiebedarf, der unter definierten Bedingungen (20°C, völlige Inaktivität, etc.) zur Aufrechterhaltung aller lebensnotwendigen Körperfunktionen benötigt wird. Da Leistungs- bzw. Spitzensportler oftmals keiner geregelten beruflichen Tätigkeit nachgehen, fällt der Arbeits- und Freizeitumsatz vergleichsweise geringer aus, dafür ist der Leistungsumsatz durch den größeren Trainingsaufwand aber entsprechend höher. Dieser beinhaltet den durch körperliche Aktivität und andere Sonderleistungen (z.B. Wachstum) bedingten zusätzlichen Energiebedarf. Die körperliche Aktivität (Arbeits-, Freizeit-, Leistungsumsatz) wird dabei als PAL-Wert (physical activity level) angegeben und beschreibt den Gesamtenergieumsatz als Mehrfaches des Grundumsatzes.

Abschließend kann durch die mögliche Turnierbelastung, den fortbewegungshemmenden und kräftezehrenden Sanduntergrund sowie dadurch, dass lediglich zwei Spieler auf einem 8x8m großen Feld agieren für die Sportart Beachvolleyball im Vergleich zum Hallenvolleyball ein etwas höherer Energiebedarf vermutet werden.

---

<sup>134</sup> Vgl. Konopka 2002

<sup>135</sup> Vgl. Konopka 2002, 50

<sup>136</sup> Vgl. Konopka 2002, 153

<sup>137</sup> Vgl. Hollmann/Hettinger 2000

<sup>138</sup> Vgl. Schek 2002; Schek 2002b; Hollmann/Hettinger 2000 u. Konopka 2002

## 2.6 Ernährungsverhalten von Sportlern

Die Probleme und Ernährungsgewohnheiten von Sportlern diverser Sportarten wurden in der Vergangenheit in verschiedenen Studien untersucht. Zusammengefasst ergaben diese Studien immer wieder ernährungsbedingte Defizite, was vor allem auf eine ungenügende Kohlenhydratzufuhr und einen zu hohen Fettverzehr zurückzuführen war. Erstaunlich dabei ist, dass dies keinesfalls nur auf Hobby- oder Freizeitsportler zutrifft. So wird oftmals auch im Leistungs- oder Spitzensport einer gezielten Ernährung als leistungsbestimmenden Faktor für sportliche Höchstleistungen nur ungenügend Beachtung geschenkt.

Die Darstellung der hier aufgeführten Studien erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit jedes einzelnen untersuchten Parameters. Anhand der hier vorgestellten Untersuchungen soll lediglich die Ernährungssituation bzw. das Ernährungsverhalten in verschiedenen Sportarten und wenn möglich speziell im Volleyball (für Beachvolleyball liegen keine Daten vor) exemplarisch dargestellt werden.

Eine der bekanntesten Studien dieser Art ist die von Erp-Baart et al.<sup>139</sup> Untersucht wurden niederländische Spitzenathleten verschiedener Sportarten (darunter auch Volleyballerinnen), die an internationalen Wettbewerben teilnahmen. Aus den Ergebnissen dieser Studie geht hervor, dass in den Spielsportarten (Männer) zu viel Alkohol und im Bodybuilding (Männer und Frauen) zu viel Eiweiß konsumiert wird. Prinzipiell entsprach die Eiweißzufuhr in allen anderen Sportarten aber den allgemeinen Empfehlungen. Die Kohlenhydratzufuhr lag bei den Ausdauersportlern höher als bei den Kraft- und Mannschaftssportlern, wird aber selbst bei ihnen als zu gering eingeschätzt. Die Mannschaftssportler verfehlten mit rund 46 Energieprozent die allgemeine Vorgabe für die Kohlenhydrate von mindestens 55 Prozent Energieanteil in der Nahrung. Der Fettverzehr wurde bei nahezu allen Sportarten als zu hoch eingeschätzt.<sup>140</sup> Die Zufuhr von Vitaminen entsprach im Allgemeinen den offiziellen Empfehlungen. Lediglich bei Sportarten, die in Gewichtsklassen ausgetragen werden und in Sportarten, wo die Körperstatur von großer Bedeutung ist, traten in Verbindung mit einer verminderten Energieaufnahme (negative Energiebilanz) Defizite auf. So waren Probleme in Verbindung mit der Stabilisierung des Körpergewichts ein häufiges Erscheinungsbild (in verschiedensten Sportarten), was dazu führte, dass diese Sportler selbst in der Trainings- und Wettkampfphase eine energiereduzierte Diät einhielten. In diesem Zusammenhang war auch die Eisenzufuhr vor al-

---

<sup>139</sup> Vgl. Saris 1989 u. Schek 2002

<sup>140</sup> Vgl. Schek 2002

lem von jungen Sportlerinnen zu gering. Ebenfalls wird von einer häufigen Einnahme von Vitaminpräparaten berichtet, was auf den Irrglauben zurückgeführt wird, dass diese leistungssteigernd wirken würden. Abschließend betont der Autor<sup>141</sup>, dass gerade die Mannschaftssportler ihre Ernährungsgewohnheiten entscheidend verbessern könnten.

In einer weiteren bekannten Studie von Economos et al.<sup>142</sup> wurden 22 Ernährungsstudien mit 50 verschiedenen Gruppen von Spitzensportlern der Ausdauer- und Kraftsportarten ausgewertet und zusammengefasst. Hierbei bemerken die Autoren, dass anstrengendes Training und ein voller Reisetripplan in Verbindung mit ungenügendem Ernährungswissen die Aufrechterhaltung einer optimalen Ernährung behindern kann. Im Ergebnis dieser Studie kommen sie zu dem Schluss, dass der Fettverzehr verringert und der Anteil der Kohlenhydrate in der Ernährung erhöht werden muss. Dabei sollte der Fettanteil in der Nahrung bei Sportlern mit niedrigem Energiebedarf weniger als 25 Prozent und bei Sportlern mit hohem Energiebedarf maximal 30 Prozent betragen. Der Anteil der Kohlenhydrate ist im Trainingsprozess auf 70 Prozent (in Vorbereitung eines Wettkampfes) zu steigern. Unter der Voraussetzung einer ausgeglichenen Energiebilanz halten die Autoren eine Proteinsupplementation für unnötig. Weiterhin sollten die Athleten während der Trainings- und Wettkampfphasen ihren Alkoholkonsum einschränken. Defizite in der Versorgung mit Mikronährstoffen (Eisen, Calcium, Magnesium, Zink und Vitamin B<sub>12</sub>) wurden bei Athleten mit niedriger Energieaufnahme festgestellt. Athleten mit hoher Energieaufnahme sollten vor allem auf eine genügende und natürliche Zufuhr der B-Vitamine (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>) achten. Diesbezüglich gibt die Mehrheit der befragten Spitzenathleten an, dass sie regelmäßig Vitamin- und Mineralstoffsupplemente zu sich nehmen. Als zu gering wurde auch die Flüssigkeitsaufnahme der Sportler eingeschätzt, was den Grundgedanken unterstützt, dass während der Belastung bzw. im Wettkampf mehr getrunken werden muss. Abschließend heben die Autoren als wichtigsten Aspekt ihrer Ergebnisse hervor, dass Spitzenathleten mehr den grundlegenden Richtlinien einer gesunden Ernährung folgen sollten.

Die aktuellste Studie auf diesem Gebiet wurde an den Olympiastützpunkten Frankfurt-Rhein-Main und Stuttgart durchgeführt.<sup>143</sup> Vor dem Hintergrund, dass Sportler ihre Ernährung nur selten dahingehend überprüfen, ob sie alle Nährstoffe in ausreichender Menge liefert, um das Training sowie den Wettkampf in optimaler Weise zu unterstützen, wurden Bundeskaderathleten und Athletinnen ausgewählter Bundeskadermannschaften (Radsport, Schwimmen, Biathlon, Volleyball und Trampolin) auf ihr Ernährungsverhalten untersucht. Im Interesse

---

<sup>141</sup> Vgl. Saris 1989

<sup>142</sup> Economos et al. 1993

<sup>143</sup> Vgl. Osterkamp-Baerens/Pogan 2003

dieser Untersuchung stand es herauszufinden, wie sich Sportler ernähren, die im System des Leistungssports mit dem Ziel Olympia gefördert werden. Die Autoren betonen dabei ausdrücklich die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von einer adäquaten Ernährung zur Sicherung des erhöhten Energiebedarfs sowie zur Wahrung kurzer Regenerationszeiten bei täglichem Training. Auch die Ergebnisse dieser Studie weisen deutlich darauf hin, dass sich Sportler in vielen Bereichen nicht ausreichend sportgerecht ernähren. So berichten die Autoren, ähnlich wie bei Erp-Baart<sup>144</sup>, über eine hohe Schwankungsbreite innerhalb der Gruppen bei der Energiezufuhr und davon, dass vorwiegend Athletinnen versuchten zum Teil sogar vor dem Wettkampf mit der Hoffnung auf Leistungsvorteile ihr Gewicht zu reduzieren. Dabei hätte doch eigentlich die Sicherung der energetischen Versorgung zur vollen Ausschöpfung des Leistungspotentials das vordergründigere Ziel sein müssen. Eine Körpergewichtsabnahme wurde aber auch bei den Herren (Radsport) beobachtet, was als Hinweis auf eine ungenügende energetische Versorgung gewertet wird. Die Kohlenhydratzufuhr bewegte sich im Bereich anderer Studien<sup>145</sup> und wies in Bezug auf die ermittelten Minimalwerte innerhalb der Schwankungsbreiten deutliche Defizite auf. So erreichten bei den ausdauerorientierten Sportarten 53–100 Prozent und im Volleyball immerhin noch 28 Prozent die sportartspezifischen Grenzwerte nicht. Die Eiweißversorgung lag im Allgemeinen in dem für Sportler empfohlenen Bereich. Allerdings wurden auch hier die für die einzelnen Sportarten festgelegten Grenzwerte häufig nicht erreicht, was die Autoren<sup>146</sup> zum Teil auf die generell reduzierte Kalorienaufnahme zum Zwecke der Körpergewichtsabnahme zurückführen. Als teilweise besorgniserregend wurde in dieser Studie die Wasseraufnahme der Kaderathleten eingeschätzt. Diesbezüglich wurden die Grenzwerte extra sehr niedrig gewählt, da die Schweißverluste im Training nicht berücksichtigt werden konnten. So erreichten viele Sportler (z.B. 28 Prozent der Volleyballer) noch nicht einmal den DGE-Richtwert<sup>147</sup> für gleichaltrige Nichtsportler. Dabei hätte dieser eigentlich noch um einen Zuschlag für die im Sport erhöht auftretenden Schweißverluste ergänzt werden müssen.

Die hier exemplarisch dargestellten Studienergebnisse zeigen deutlich, dass Spitzensportler immer wieder Defizite hinsichtlich ihres Ernährungsverhaltens aufweisen. Hierbei fallen besonders die häufig zu geringe Kohlenhydratzufuhr, die fälschlicherweise durchgeführten energiereduzierten Diäten einiger Sportlerinnen sowie die oftmals zu geringe Flüssigkeitszufuhr

---

<sup>144</sup> Vgl. Saris 1989

<sup>145</sup> Vgl. Erp-Baart et al. 1989 u. Economos et al. 1993

<sup>146</sup> Vgl. Osterkamp-Baerens/Pogan 2003

<sup>147</sup> Vgl. DGE u.a. 2000

auf. Diesbezüglich bergen insbesondere unausgeglichene Energie- und Flüssigkeitsbilanzen entsprechende Risiken in sich, wie beispielsweise eine Unterversorgung mit Mikronährstoffen oder die unvollständige Ausschöpfung des Leistungspotentials. Weiterhin dürfte in vielen Sportarten, so auch im Beachvolleyball, das Reisen von Turnier zu Turnier eine Rolle im Ernährungsverhalten spielen. So sind die Sportler oftmals auf die örtlichen Gegebenheiten (Hotelessen, Clubrestaurants) angewiesen, die in Bezug auf eine optimale Nährstoffrelation häufig zu fettreich ausfallen. Dies schließt auch die unterschiedlichen Traditionen der Nahrungszubereitung in verschiedenen Ländern mit ein, wodurch zusätzliches Wissen erforderlich ist und eine sportgerechte Ernährung erschwert wird. Hinzu kommt, dass die Athleten (im Beachvolleyball) in der Regel allein reisen und somit keinerlei Unterstützung oder Beratung von Seiten eines Betreuers oder Beraters bekommen. Lediglich ein Physiotherapeut begleitet die Teams oder wird vom Veranstalter gestellt. Aus den genannten Gründen sollte das Ernährungsverhalten der Sportler regelmäßig überprüft werden, um Ansatzpunkte für eine Ernährungsoptimierung und somit der Mobilisierung von Leistungsreserven herauszufiltern. Allerdings dürfen die Sportler mit den Ergebnissen solcher Analysen nicht allein gelassen werden, da diese damit häufig überfordert sind.<sup>148</sup> Ebenfalls sind die Möglichkeiten der Ernährungsberater, die Athleten zu erreichen, begrenzt, da deren Terminplan durch die Reisetätigkeit zu Lehrgängen, Trainingslagern und Wettkämpfen sowie dem allgemein hohen Trainingsumfang meist schon übervoll ist. Osterkamp-Baerens/Pogan<sup>149</sup> fordern deshalb eine nachhaltige und trainingsbegleitende Ernährungsberatung, die ebenso wie das Training im Leistungssport organisiert werden muss.

---

<sup>148</sup> Vgl. Osterkamp-Baerens/Pogan 2003

<sup>149</sup> ebenda