

# 1 Einleitung und Zielsetzung

„*Five-a-day – fünf am Tag*“ ist das Motto einer großangelegten Kampagne der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) und der Deutschen Krebsgesellschaft. Diese Gesundheitskampagne fordert im Gegensatz zu vielen anderen propagierten Diäten nicht zum Verzicht auf, sondern sie ermuntert vielmehr zum Verzehr von 5 Portionen Obst und Gemüse (insgesamt ca. 600 g) über den gesamten Tag verteilt. Erlaubt sind hierbei Obst und Gemüse sowohl frisch und tiefgefroren als auch aus dem Glas oder der Konserve sowie Trockenfrüchte, Frucht- und Gemüsesäfte und Kräuter (5 am Tag e.V., 2000; DGE, 2000; BITSCH ET AL., 2000). Der Hintergrund dieser Kampagne ist der in vielen epidemiologischen Studien (BLOCK ET AL., 1992; HERTOOG ET AL., 1992 und 1993a) ermittelte Zusammenhang zwischen Gemüseverzehr und Krebsrisiko, wobei ein erhöhter Verzehr von Obst und Gemüse das Krebsrisiko deutlich reduziert. Auch das Risiko für sogenannte „Zivilisationskrankheiten“ wie Herz- und Kreislauferkrankungen (HERTOOG ET AL., 1993b) wird durch eine erhöhte Obst- und Gemüseaufnahme reduziert. Den Anlass zu dieser Kampagne lieferten umfangreiche statistische Erhebungen deutscher Ernährungswissenschaftler, bei denen immer wieder darauf hingewiesen wird, dass gerade auf „bundesdeutschen Tellern“ im Gegensatz zu den südeuropäischen Ländern Obst und Gemüse viel zu kurz kommen. Das Modell „*Five-a-day*“ wird in den USA bereits seit Anfang der 90er Jahre vom National Cancer Institut erfolgreich propagiert (STIFTUNG WARENTEST, 2001).

Wichtige Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse sind die sogenannten *sekundären Pflanzenstoffe*, die für diese gesundheitspräventiven Effekte verantwortlich sein sollen. Die Bezeichnung „sekundär“ geschieht hier in Anlehnung an die *primären Pflanzenstoffe* (Fett, Eiweiß, Kohlenhydrate), welche als Nährstoffe am Aufbau von Zellen beteiligt sind und darüber hinaus die Energieversorgung sichern. Sekundäre Pflanzenstoffe hingegen dienen im weitesten Sinne der Kommunikation der Pflanze mit der Außenwelt. Sie werden entweder von der Pflanze als Farb-, Duft- und Lockstoffe produziert oder dienen der Abwehr von Schädlingen, als Schutz gegen UV-Strahlen, als *Antioxidantien* und vieles andere (NAUMANN, 1997). Von den bisher ca. 30.000 bekannten sekundären Pflanzenstoffen konnten annähernd 10.000 in der

Nahrung nachgewiesen werden. Die sekundären Pflanzenstoffe sind chemisch sehr unterschiedlich. Aufgrund ihrer chemischen Struktur und ihrer funktionellen Eigenschaften lassen sie sich jedoch in Gruppen einteilen. Dazu zählen unter anderem Flavonoide, Phenolsäuren, Carotinoide, Glucosinolate, Sulfide, Phytoöstrogene. Den verschiedenen Gruppen von sekundären Pflanzenstoffen werden bestimmte Gesundheitswirkungen zugeschrieben (s. Tab. 1; WATZL und LEITZMANN, 1999).

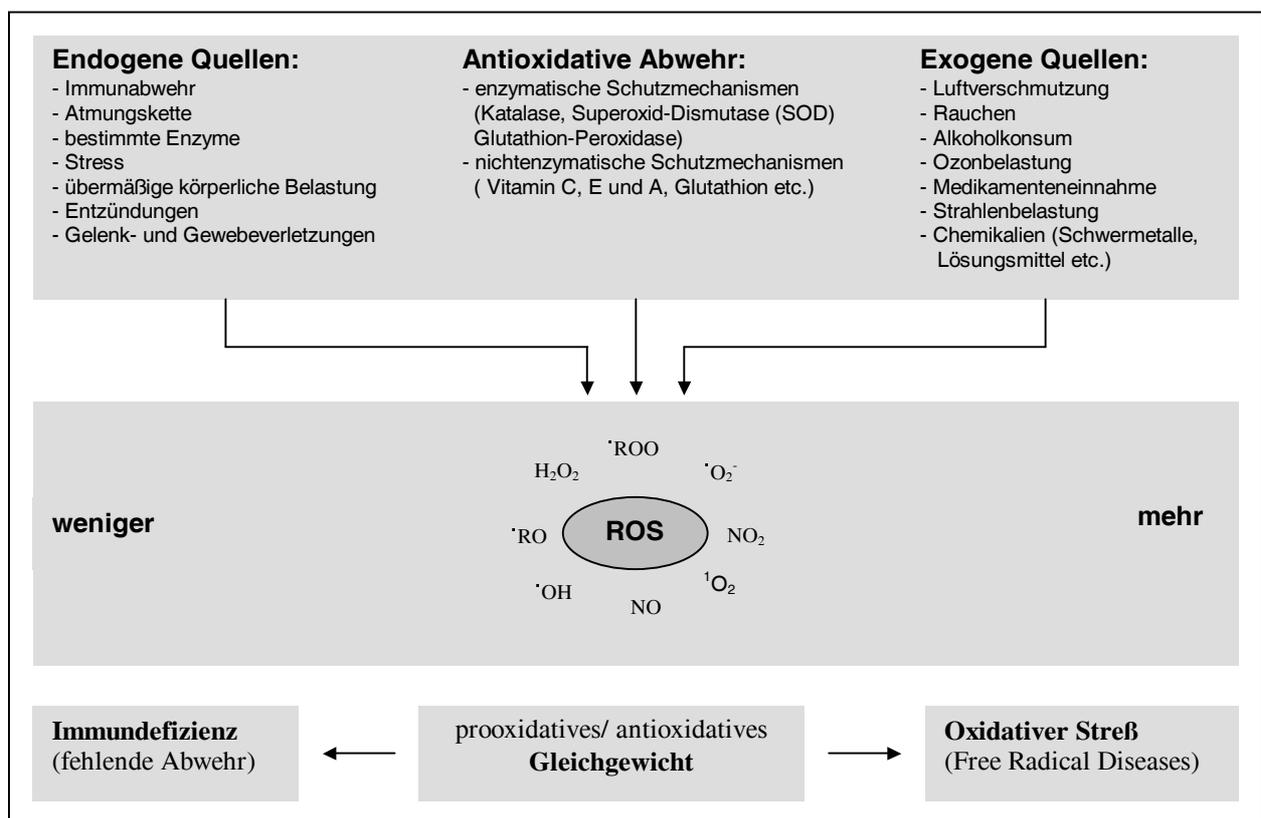
**Tabelle 1:** Sekundäre Pflanzenstoffe und ihre Gesundheitswirkungen (nach WATZL und LEITZMANN, 1999)

Sekundäre Pflanzenstoffe	Gesundheitliche Wirkungen									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Carotinoide	+		+		+			+		
Phytosterine	+							+		
Saponine	+	+			+			+		
Glucosinolate	+	+						+		
Polyphenole	+	+	+	+	+	+	+		+	
Protease-Inhibitoren	+		+							
Monoterpene	+	+								
Phytoöstrogene	+		+							
Sulfide	+	+	+	+	+	+	+	+		+
Phytinsäure	+		+		+				+	

**A** = hemmt Krebsentstehung; **B** = antimikrobiell; **C** = antioxidativ; **D** = Beeinflussung der Blutgerinnung; **E** = Beeinflussung des Immunsystems; **F** = entzündungshemmend; **G** = Beeinflussung des Blutdrucks; **H** = cholesterinsenkend; **I** = Beeinflussung des Blutzuckerspiegels; **J** = verdauungsfördernd.

Hierbei wird vor allem der Gruppe der Polyphenole (Flavonoide und Phenolsäuren), welche wichtige Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse sind, eine Reihe von gesundheitsfördernden Wirkungen zugeschrieben. Diese beziehen sich vor allem auf das hohe *antioxidative Potential* und die guten *Radikalfängereigenschaften* gegenüber freien Sauerstoffradikalen (LECHLER, 1996). Die *freien Radikale* oder *reaktiven Sauerstoffspezies (ROS)* nehmen hierbei eine Schlüsselposition im Organismus ein. Die Bildung von freien Radikalen erfolgt im Organismus stetig und ist normalerweise auch wünschenswert, da diese beispielsweise während eines Entzündungsprozesses die Zerstörung von Krankheitserregern bewerkstelligen. Auf

der anderen Seite können sie aber auch aufgrund ihrer Reaktionsfreudigkeit Körperzellen schädigen und somit die Entstehung von Krankheiten wie Krebs fördern. Normalerweise besitzt der Körper ein hochwirksames Schutzsystem gegen diesen oxidativen Angriff in Form von körpereigenen Enzymen, den antioxidativen Vitaminen E und C sowie  $\beta$ -Carotin, die mit der Nahrung zugeführt werden. Bei einem gesunden Organismus herrscht ein sogenanntes *prooxidatives/antioxidatives Gleichgewicht* vor. Ist dieses Gleichgewicht durch die vermehrte Bildung von freien Radikalen und/oder durch die ungenügende Verfügbarkeit von Antioxidantien gestört, spricht man von *oxidativem Stress*, welcher durch *endogene* (z.B. Stress, Entzündungen, chronische Krankheiten) oder *exogene Quellen* (z.B. Ozonbelastung, Medikamenteneinnahme, UV-Strahlung, Rauchen) verursacht werden kann (siehe Abb. 1).



**Abbildung 1:** Quellen reaktiver Sauerstoffspezies und ihre Wirkungen (nach VOGES, 1997)

Ein dauerhaftes Ungleichgewicht kann zu Funktions- und Gesundheitsstörungen bis hin zu den sogenannten *Free Radical Diseases* führen (VOGES, 1997). Zu letzteren

zählen eine Vielzahl von Krankheiten wie z.B. Arteriosklerose, Diabetes mellitus, Krebs und Leberschäden, welche unmittelbar mit oxidativem Stress in Verbindung gebracht werden.

Vor allem phenolische Verbindungen besitzen die Fähigkeit, Wasserstoffatome an freie Sauerstoffradikale (LECHLER, 1996) abzugeben, wobei diese neutralisiert werden und somit an der oxidativen Schädigung von Biopolymeren gehindert werden. Dieses wird auch als *Scavenging* bezeichnet (BÖHM, 2000a). Daher sollte auf eine regelmäßige Zufuhr von Antioxidantien in Form von Obst und Gemüse Wert gelegt werden. Es gibt eine Reihe von epidemiologischen Studien bezüglich der Zufuhr von Flavonoiden und Phenolsäuren durch bestimmte Lebensmittel (BÖHM ET AL., 1998; RADTKE ET AL., 1998; LINSEISEN ET AL., 1997).

Neben Obst und Gemüse stellen Säfte eine wichtige Quelle zur Aufnahme von sekundären Pflanzenstoffen dar. Eine Vielzahl von Gemüse- und Fruchtsäften stehen dem Verbraucher nicht mehr nur im Reformhaus, sondern auch in jedem gutsortierten Supermarktregal zur Auswahl. Bei den Gemüsesäften haben sich Sorten wie Sauerkrautsaft, Tomatensaft, Brokkolisaft aber auch „Exoten“ wie Schwarzer Karottensaft längst neben dem herkömmlichen Möhrensaft etabliert. Die Vielfalt bei den Fruchtsäften ist noch wesentlich größer als bei den Gemüsesäften. Hier unterscheidet man in erster Linie nach Farbe zwischen hellen und roten Fruchtsäften. Die hellen Fruchtsäfte werden längst nicht mehr nur durch die klassischen Vertreter Apfel- und Orangensaft repräsentiert. Zu dieser Gruppe gehören vielmehr auch Säfte wie heller Traubensaft, Aprikosensaft, Sanddornsaft und Quittensaft. Besonders die roten Fruchtsäfte erfreuen sich bei dem Verbraucher immer größerer Beliebtheit. Hierzu zählen die klassischen Vertreter roter Traubensaft sowie die Nektare der Schwarzen Johannisbeere und der Sauerkirsche. Des weiteren gibt es eine Vielzahl von Mehrfruchtbuntsäften, die „Exoten“ wie Holundersaft, Aroniasaft und Cranberrysaft enthalten. Vor allem bei den roten Fruchtsäften spielt neben dem Geschmack und dem Geruch auch die Farbe, welche durch die rotgefärbten Anthocyane bedingt ist, eine wesentliche Rolle bei der Qualitätsbeurteilung. Ein qualitativ hochwertiger Buntsaft sollte eine reine tiefrote Farbe besitzen. Eine bräunlich-orange Färbung wird vom Verbraucher als negativ bewertet.

Da sowohl die Anthocyane als auch die nichtfarbigen Polyphenole sich durch ein hohes antioxidatives Potential auszeichnen, können sie auch als wertgebende

Komponenten einer Frucht bzw. eines Fruchtsaftes angesehen werden. Durch Verarbeitung, Abfüllung und Lagerung können jedoch diese Verbindungen mannigfaltige Reaktionen eingehen (MILLER, 1998). Hierbei entstehen durch die Umsetzung mit anderen Komponenten des Saftes neue Verbindungen, so dass das Polyphenolprofil nun im Gegensatz zur Ausgangsfrucht deutliche Unterschiede aufweist (SPANOS ET AL., 1990a; ROMMEL ET AL., 1992). Von besonderem Interesse ist hierbei auch die Umsetzung der originären monomeren Frucht-Anthocyane zu Polymeren und neuen monomeren Farbpigmenten (*Alterungspigmente*). Die bei der Verarbeitung und Alterung eines Fruchtsaftes neu entstehenden Verbindungen sowie deren Auswirkung auf die Qualität (Färbung, Trübung etc.) eines Buntsaftes, deren antioxidatives Potential sowie die Bioverfügbarkeit sind bisher wenig untersucht und somit von hohem aktuellem Interesse für die Forschung.

Im Rahmen dieser Arbeit werden von sechs verschiedenen roten Fruchtsäften (Holunder-, Cranberry-, schwarzer Johannisbeer-, Sauerkirsch-, Blutorangen- und Aroniasaft) und zwei roten Früchten (Corozo und Taybeere) die polyphenolischen Inhaltsstoffe charakterisiert. Als interessant hat sich hierbei ein Vergleich der Polyphenolkomposition der Säfte mit den entsprechenden frischen Früchten erwiesen. Weiterhin werden die antioxidative Aktivität und der Gesamtpolyphenolgehalt verschiedener heller und dunkler Fruchtsäfte miteinander verglichen und die antioxidative Aktivität der isolierten Reinsubstanzen sowie deren Anteil an der Gesamtaktivität ermittelt. Darüber hinaus werden mit zwei Säften Lagerversuche über einen bestimmten Zeitraum durchgeführt und anhand von verschiedenen Parametern (Gehalt an Anthocyanen und Copigmenten, antioxidative Aktivität, Gesamtpolyphenolgehalt etc.) bewertet. Zwei weitere Versuchsteile beziehen sich explizit auf die Farbigkeit von roten Fruchtsäften. So soll das von HOFMANN ET AL. (1998a, b) konzipierte *Farbaktivitätskonzept* auf die Farbe verschiedener Säfte übertragen werden. Weiterhin soll anhand verschiedener Versuche ein möglicher *intermolekularer Copigmentierungseffekt* (Anstieg der Farbintensität und/ oder Verschiebung des Absorptionsmaximums) der Anthocyane des Holunders mit anderen nichtfarbigen phenolischen Komponenten des Holundersaftes untersucht werden.