

R. Pelz
B. Schmidt-Faber
H. Heseker

Die Carotinoidzufuhr in der Nationalen Verzehrsstudie

Carotenoid intake in the German National Food Consumption Survey

Zusammenfassung Hoher Obst- und Gemüsekonsum hat sich in zahlreichen ernährungsepidemiologischen Studien als wichtige präventive Maßnahme zur Reduzierung des Krebs-, Herzinfarkt- und Kataraktisikos herausgestellt. Diese Effekte können durch die Aufnahme an β -Carotin und Vitamin C nicht oder nicht hinreichend erklärt werden. Mit Obst und Gemüse werden weitere Carotinoide in signifikanten Mengen aufgenommen, die sich hinsichtlich ihrer antioxidativen und biologischen Eigenschaften deutlich

unterscheiden. Da in deutschen Lebensmitteldatenbanken und Nährwerttabellen außer β -Carotin keine weiteren Carotinoidgehalte ausgewiesen sind, liegen für die deutsche Bevölkerung bisher keine repräsentativen Zufuhrberechnungen vor. Daher wurde für verschiedene Obst- und Gemüsearten sowie andere carotinoidhaltige Lebensmittel eine Datenbank mit den Gehalten an α - und β -Carotin, Lycopin, Lutein/Zeaxanthin und Cryptoxanthin erstellt. Mit Hilfe dieser Datenbank erfolgte dann auf Basis der Daten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) eine nach Geschlecht und Alter stratifizierte Berechnung der Carotinoidzufuhr der deutschen Bevölkerung. Die mittlere Gesamt-Carotinoidzufuhr wurde mit 5,33 mg/Tag berechnet. Die mittlere Luteinzufuhr beträgt 1,91 mg/Tag, die β -Carotinzufuhr 1,81 mg/Tag, die Lycopinzufuhr 1,28 mg/Tag, die α -Carotinzufuhr 0,29 mg/Tag und die Cryptoxanthinzufuhr 0,05 mg/Tag. Tomaten und besonders Tomatenprodukte sind die wichtigsten Lycopinquellen. Blattsalate, Blatt- und Fruchtgemüse stellen in Deutschland die wichtigsten Luteinlieferanten dar. Zeaxanthin wird zwar hauptsächlich mit Mais, aber auch mit Spinat und anderen Gemüsen wie Kohl verzehrt. α - und β -Carotin werden vor allem mit Karotten aufgenommen. Paprika sowie Orangen-/säfte sind die wichtigsten Cryptoxanthinquellen.

Summary In nutritional epidemiological studies high consumption of fruits and vegetables was shown to be an important preventive measure to reduce the risk of cancer, coronary heart disease, and cataracts. These effects cannot be explained completely and in a sufficient way by the intake of β -carotene and vitamin C. Other carotenoids differing in their antioxidative and biological properties are also provided with fruits and vegetables in significant amounts. Because data for other carotenoids than β -carotene are not considered in computerized German food database and food composition tables, representative carotenoid intake calculations for the German population are missing. Therefore a carotenoid database, containing α - and β -carotene, lycopene, lutein/zeaxanthin, and cryptoxanthin values for different fruits, vegetables, and other carotenoid-containing foods, was developed. With this database the carotenoid intake of the German population – stratified by sex and age – was evaluated on the basis of the German National Food Consumption Survey (NVS). The mean total carotenoid intake amounts to 5.33 mg/day. The average intake lutein was 1.91 mg/day, β -carotene intake amounts to 1.81 mg/day, lycopene intake was 1.28 mg/day, α -carotene intake

Eingegangen: 5. August 1998
Akzeptiert: 10. September 1998

R. Pelz
Fachgruppe Ernährung und Gesundheit
Universität-GH Paderborn
D-33095 Paderborn

B. Schmidt-Faber
BgVV
Fachgruppe Ernährungsmedizin
D-14191 Berlin

Prof. Dr. Helmut Heseker (✉)
Fachgruppe Ernährung und Gesundheit
Warburger Straße 100
D-33098 Paderborn

was 0.29 mg/day, and cryptoxanthin intake was 0.05 mg/day. Tomatoes and tomato products provide most of the lycopene. Green salads and vegetables are the most important contributors of lutein in Germany. Zeaxanthin is mainly consumed with maize but also with spinach and other vegetables like cabbage;

α - and β -carotene are mainly consumed with carrots. Peppers, oranges, and orange-juice are the most important cryptoxanthin sources.

Schlüsselwörter Carotinoide – β -Carotin – α -Carotin – Cryptoxanthin – Lycopin – Lutein – Zeaxan-

thin – Zufuhr – deutsche Bevölkerung – NVS

Key words Carotenoids – β -carotene – α -carotene – cryptoxanthin – lycopene – lutein – zeaxanthin – intake – German population – NVS study

Einleitung

Die Aufnahme an Carotinoiden ist aufgrund der verschiedenen und von der Provitamin-A-Funktion unabhängigen biologischen Wirkungen von besonderem wissenschaftlichen Interesse. Carotinoide sind die effektivsten natürlich vorkommenden Quencher für Singulett-Sauerstoff, der z.B. Doppelbindungen in ungesättigten Fettsäuren und Guaninbasen der DNA angreift. In zahlreichen epidemiologischen und klinischen Studien wurden Zusammenhänge zwischen der Höhe des durchschnittlichen Obst- und Gemüseverzehr und Herz-Kreislaufkrankungen (15, 24, 33, 48), Krebserkrankungen (5, 22, 25, 46) und Erkrankungen des Auges wie der senilen Katarakt oder der altersabhängigen Makuladegeneration (19, 20, 29, 45) beschrieben. In vielen dieser Studien stand das β -Carotin bei der Bewertung der Carotinoidaufnahme im Vordergrund. In Placebo-kontrollierten randomisierten Doppelblindstudien, in denen der Einfluß von β -Carotin auf die Krebsinzidenz untersucht wurde, konnte allerdings kein positiver Effekt festgestellt werden. Hieraus wurde die Hypothese abgeleitet, daß andere Carotinoide oder Bioflavonoide möglicherweise für die offensichtlichen Effekte, den Obst- und Gemüseverzehr in der Krebsprävention ausüben, verantwortlich sind (30). Neben β -Carotin enthält eine durchschnittliche, abwechslungsreiche und gemischte Kost eine Reihe weiterer Carotinoide (Carotine und Xanthophylle), die sich hinsichtlich ihrer antioxidativen und biologischen Eigenschaften deutlich unterscheiden, so daß diese Lebensmittelgruppe differenzierter zu bewerten ist (30). Lycopin beispielsweise hat sich im Labor als ein wesentlich effektiveres Antioxidans herausgestellt als etwa Lutein oder β -Carotin (13, 44) und kann in einigen Geweben stärker akkumuliert werden (30). Aufgrund dieser Beobachtungen haben Kenntnisse über die Carotinoidaufnahme der Bevölkerung stark an Bedeutung gewonnen. Von den über 500 natürlich vorkommenden Carotinoiden werden in Humanblutproben nur zwischen 7 und 20 Carotinoide analytisch nachgewiesen, wobei die Xanthophylle Lutein, Cryptoxanthin und Zeaxanthin sowie die Carotine α -Carotin, β -Carotin und Lycopin dominieren (37).

Lycopin liefert die bekannte rote Farbe der Tomate (*Lycopersicon esculentum*) und ist eines der Hauptcarotinoide in der Nahrung der Mitteleuropäer und Nordameri-

kaner (12). Aufgrund des hohen Pro-Kopf-Verzehrs sind Tomaten und daraus hergestellte Produkte die wichtigsten Lycopinquellen (4). Im Gegensatz zu β -Carotin scheint Lycopin zumindest in der Tomatenmatrix relativ hitzestabil zu sein (34). Die Bioverfügbarkeit ist aus verarbeiteten Produkten größer als aus nativen Tomaten (14), und die Absorption von Lycopin scheint in Gegenwart von β -Carotin erhöht zu sein (21). Die protektiven Effekte von Lycopin werden auf die antioxidativen Eigenschaften, den Singulett-Sauerstoff zu inaktivieren und Peroxyradikale abzufangen, auf die Beeinflussung der Zell-zu-Zell-Kommunikation und die Kontrolle des Zellwachstums zurückgeführt (41). Der im Liposomenassay gefundene synergistische antioxidative Effekt von Lycopin und Lutein kann möglicherweise auf spezifische Positionen der verschiedenen Carotinoide in den Membranen zurückgeführt werden (43). Lycopin ist daher aus präventivmedizinischer Sicht ein besonders interessantes Carotinoid. Eine hohe Lutein- und/oder Zeaxanthinaufnahme vermindert möglicherweise das Risiko, an einer altersbedingten Makuladegeneration zu erkranken (16, 38, 40). Beide Xanthophylle sind wichtige Bestandteile der Makula. Lutein ist ebenfalls ein sehr effektiver Radikalfänger (10). Die Carotinoide werden teilweise in der Darmmukosa gespalten, können aber auch von der Mukosa durch einen passiven Diffusionsprozeß absorbiert werden (9).

In der Vergangenheit waren neben dem β -Carotin keine oder nur für wenige Lebensmittel weitere Carotinoidmengenangaben verfügbar. So wird auch im Datenbestand des Bundeslebensmittelschlüssels (BLS Version II.2) bisher außer β -Carotin kein weiteres Carotinoid berücksichtigt. Inzwischen stehen Analysendaten für viele häufig verzehrte carotinoidhaltige Lebensmittel zur Verfügung, mit deren Hilfe Zufuhrkalkulationen durchgeführt werden können. Während in dem deutschen Standardwerk Souci-Fachmann-Kraut (42) für die meisten Lebensmittel bisher nur Angaben zum β -Carotingehalt vorhanden sind, liegen aus deutschen (31) und amerikanischen Einzelpublikationen (11, 28) sowie einer Zusammenstellung des U.S. Department of Agriculture (47) inzwischen für eine große Zahl von Lebensmitteln Carotinoid-Analysenwerte vor. Ein Blick auf diese Daten zeigt, daß Gemüse wie z.B. Broccoli, Kopfsalat, Möhre, Spinat und Tomate oder Obstarten wie z.B. Aprikose, Orange und Kiwi sich deutlich in ihren Carotinoidmustern unterscheiden (Tabelle 1). Da weder gleichfarbige Gemüse- oder Obstarten (z.B.

grünes Gemüse oder gelbes Obst) noch zu einer Lebensmittelgruppe zählende Arten (z.B. Fruchtgemüse oder Südfrüchte) vergleichbare Carotinoidmuster aufweisen, sind auch Analogieschlüsse nicht oder nur begrenzt möglich.

Für die Bundesrepublik Deutschland liegen bisher nur aus einer Analyse von Tagesmenüs (31) und für ein kleines Kollektiv junger Erwachsener aus Franken (36) Schätzungen über die Höhe der Carotinoidzufuhr vor. Die aus 39 Gesamtnahrungsproben bzw. der Auswertung von 52 fränkischen 7-Tage-Verzehrsprotokollen gewonnenen Daten sind aber nicht repräsentativ für die Bundesrepublik Deutschland und spiegeln nur bedingt die durchschnittlichen Verzehrsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung wider. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist daher, die Carotinoidzufuhr der westdeutschen Bevölkerung auf Basis der Daten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) zu berechnen.

Methodik

Carotinoid-Datenbank

Da bisher in Deutschland keine umfassende Lebensmitteltabelle mit Angaben zum Gehalt an Carotin und Xanthophyllen existiert, wurde zunächst eine Carotinoiddatenbank mit Mengenangaben über die Carotine α -, β -Carotin und Lycopin sowie über die Xanthophylle Lutein und Cryptoxanthin erstellt. Zum Zeaxanthingehalt liegen bisher nur für sehr wenige Lebensmittel Mengenangaben vor, so daß dieses Xanthophyll in der Gesamtauswertung nicht berücksichtigt werden konnte. In der Vergangenheit wurde laboranalytisch nicht immer zwischen Lutein und Zeaxanthin differenziert, so daß die Luteingehalte der Datenbank teilweise die Summe dieser beiden Carotinoide darstellen.

Für das Erstellen der Datenbank lagen teilweise mehrere Analysenwerte aus verschiedenen Literaturquellen

vor. Lagen für ein Lebensmittel aus mehreren Quellen Angaben vor, wurde wie folgt vorgegangen: Wenn in der deutschen Lebensmitteltabelle von Souci-Fachmann-Kraut (42) eine Angabe vorhanden war, dann wurde diese Angabe übernommen. Bei Fehlen dieser Angabe wurden die Analysenwerte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (31) übernommen. War für ein Lebensmittel in beiden Publikationen kein Analysenwert verfügbar, dann wurde der Wert der USDA-NCI Carotenoid Food Composition Data Base (47) in die Datenbank übernommen. Die Analysenwerte der verschiedenen Datenquellen wurden miteinander verglichen und auf Plausibilität geprüft. Bei Vorliegen von Daten aus mehreren Quellen wurden keine Mittelwerte berechnet, weil eine rationale Begründung hierfür nicht gegeben ist. Die Daten einer finnischen Untersuchung zum Carotinoidgehalt von Lebensmitteln (18) wurden aufgrund z.T. erheblicher Abweichungen mit den anderen zur Verfügung stehenden Carotinoidwerten nicht in die Datenbank übernommen. Durch die Bevorzugung der Analysenergebnisse von in Deutschland angebotenen Lebensmitteln wird erreicht, daß gewisse Einflußfaktoren auf den Carotinoidgehalt eines Lebensmittels (z.B. Anbau- und Erntebedingungen, Sortenwahl) zumindest teilweise berücksichtigt werden.

Untersuchungskollektiv

Die Carotinoidzufuhr wurde mit Hilfe der Daten der Nationalen Verzehrsstudie (NVS) berechnet. An der für die alte Bundesrepublik Deutschland repräsentativen NVS-Studie hatten in den Jahren 1985 bis 1989 23 209 Personen (12308 weibliche und 10 901 männliche Personen) zur Erfassung der durchschnittlichen Energie- und Nährstoffaufnahme ein 7-Tage-Verzehrsprotokoll geführt. Die Erhebungen erfolgten in allen Jahreszeiten, so daß auch saisonale Schwankungen im Verzehr carotinoidreicher Lebensmittel erfaßt wurden, die z.B. beim Verzehr von Orangen oder Grünkohl von großer Bedeutung sind. Für diese Studie liegen bisher nur nach Geschlecht und Alter stratifizierte durchschnittliche β -Carotin-Aufnahmen vor.

Tab. 1 Carotinoidgehalt ausgesuchter Gemüse- und Obstarten (4, 11, 28, 31, 42, 47)

	β -Carotin $\mu\text{g}/100\text{ g}$	α -Carotin $\mu\text{g}/100\text{ g}$	Cryptoxanthin $\mu\text{g}/100\text{ g}$	Lycopin $\mu\text{g}/100\text{ g}$	Lutein $\mu\text{g}/100\text{ g}$
Broccoli	846	2	24	0	800
Grünkohl	5170	–	–	–	18630
Kopfsalat	1440	1	0	0	2920
Karotte	7790	3310	0	0	560
Paprika (grün)	535	87	700	0	410
Spinat	4690	0	0	0	9540
Tomate	506	0	0	3100	90
Aprikose	1570	0	23	5	40
Kiwi	43	0	4	0	140
Mango	1160	37	49	0	0
Orange	44	20	24	0	20
Papaya	165	0	1480	0	10

Tab. 2 Mittlere tägliche Carotinoidzufuhr (mg/Tag) in Westdeutschland nach Geschlecht und Alter, berechnet auf der Basis des durchschnittlichen Verzehrs aus 90 Lebensmittelgruppen (NVS)

männliche Personen										
Altersgruppe (Jahre)	gesamt	4–6	7–9	10–12	13–14	15–18	19–24	25–50	51–64	>64
Lutein	1,95	1,21	1,44	1,55	1,73	1,76	1,73	2,01	2,27	2,30
β-Carotin	1,81	1,22	1,47	1,51	1,66	1,63	1,65	1,85	2,08	2,12
Lycopin	1,31	0,82	1,01	1,05	1,24	1,28	1,42	1,41	1,30	1,21
α-Carotin	0,28	0,22	0,26	0,25	0,27	0,25	0,26	0,28	0,31	0,33
Cryptoxanthin	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
Summe	5,39	3,51	4,22	4,40	4,93	4,96	5,10	5,60	6,01	6,00

weibliche Personen										
Altersgruppe (Jahre)	gesamt	4–6	7–9	10–12	13–14	15–18	19–24	25–50	51–64	>64
Lutein	1,87	1,15	1,32	1,46	1,51	1,64	1,65	1,96	2,15	2,09
β-Carotin	1,81	1,26	1,38	1,46	1,50	1,63	1,62	1,88	2,05	1,99
Lycopin	1,25	0,76	1,00	1,02	1,08	1,22	1,31	1,34	1,26	1,11
α-Carotin	0,30	0,24	0,25	0,25	0,26	0,28	0,27	0,31	0,33	0,33
Cryptoxanthin	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
Summe	5,27	3,44	3,98	4,23	4,38	4,81	4,90	5,44	5,85	5,55

Nähere Angaben zum Untersuchungskollektiv, den Untersuchungsmethoden und den berechneten Lebensmittel-mengen sind der Literatur zu entnehmen (1, 2, 39).

Auswertung

Die Carotinoidzufuhren wurden auf der Basis der in 90 Lebensmittelgruppen aggregierten durchschnittlichen Lebensmittelaufnahme für Frauen und Männer und zusätzlich für jeweils 9 Altersgruppen berechnet. Da das Aggregationsniveau teilweise sehr hoch war, wurden zunächst Mengenangaben für einige besonders carotinoidreiche Lebensmittelgruppen (z.B. Blattgemüse, sonstige Kohlarten, sonstige Frisch- oder Fruchtgemüse) mit Hilfe der aus Agrarstatistiken bekannten Verzehranteile berechnet (6). Anschließend wurden die durchschnittlich verzehrten Lebensmittelmengen mit der Carotinoiddatenbank verknüpft. Zur Kontrolle der Richtigkeit der gewählten Auswertungsstrategie wurden die berechneten mittleren β-Carotin- und Vitamin-C-Aufnahmen mit den Ergebnissen früherer Auswertungen verglichen, die auf den Originalverzehrdaten in nicht aggregierter Form basierten (1, 2).

Ergebnisse

Die mittlere Gesamt-Carotinoidzufuhr der westdeutschen Bevölkerung betrug in der von 1985–1989 durchgeführten Nationalen Verzehrsstudie 5,33 mg/Tag (Männer: 5,39 mg/Tag; Frauen 5,27 mg/Tag). Die mittlere Luteinzufuhr wurde mit 1,91 mg/Tag berechnet, die mittlere

β-Carotinzufuhr mit 1,81 mg/Tag, die Lycopinzufuhr mit 1,28 mg/Tag, die α-Carotinzufuhr mit 0,29 mg/Tag und die Cryptoxanthinzufuhr mit 0,05 mg/Tag. Die nach Geschlecht und Alter stratifizierten mittleren Carotinoidzufuhren sind der Tabelle 2 zu entnehmen. Die Gesamt-Carotinoidzufuhr steigt mit zunehmendem Alter deutlich an. Die höchste Zufuhr wird bei 51–64jährigen Frauen und Männern mit 5,85 bzw. 6,01 mg/Tag berechnet. Die höchste Lycopinzufuhr wird – bedingt durch den höheren Verzehr an Tomatenprodukten – bei den 19–50jährigen Frauen und Männern festgestellt. Die höchste Luteinzufuhr wird dagegen bei den über 50jährigen Personen beobachtet. Die Cryptoxanthinzufuhr liegt mit 0,4–0,5 mg/Tag in allen Gruppen deutlich niedriger als die Zufuhr anderer Carotinoide. Die Hauptlieferanten der einzelnen Carotinoide sind in den Tabellen 3–7 dargestellt. Demnach liefern Karotten zusammen mit Blattsalaten und Spinat als unsere wichtigsten β-Carotin-Quellen bereits 61 % der durchschnittlich aufgenommenen β-Carotinmenge. Insgesamt werden mit Gemüse und Gemüseprodukten 84 %, mit Speisefetten und Milchprodukten 12 % und mit Obst bzw. Obstprodukten 4 % der Gesamt-β-Carotinmenge aufgenommen. Karotten sind mit Abstand (90 %) die wichtigste Quelle für α-Carotin. Tomaten und Tomatenprodukte (Tomatenketchup, -mark und -soßen) tragen mit 92 % wesentlich zur Lycopinzufuhr bei, während Südfrüchte nur einen Anteil von 7 % der täglich aufgenommenen Lycopinmenge haben. Im Vergleich dazu liefern einheimische Obstarten hierbei weniger als 1 %. Paprika und Orangen bzw. Orangensaft sind in Deutschland die

Tab. 3 Hauptlebensmittel für die Zufuhr von β -Carotin in der westdeutschen Bevölkerung

Rang	Lebensmittel	Prozent	Kumulative Prozent
1.	Karotten	35	35
2.	Blattsalate	15	51
3.	Spinat	10	61
4.	Milchprodukte, Butter, Käse	8	69
5.	Tomaten	5	74
6.	Obst, Obstsäfte	4	78
7.	Speisefette	4	82
8.	Spargel	3	85
9.	Grünkohl	2	87
10.	Gurken	2	89
11.	Tomatenprodukte	2	91
12.	Broccoli	1	92
	sonstige Gemüseprodukte	4	97
	sonstige Frischgemüse	3	100

Tab. 4 Hauptlebensmittel für die Zufuhr von α -Carotin in der westdeutschen Bevölkerung

Rang	Lebensmittel	Prozent	Kumulative Prozent
1.	Karotten	90	90
2.	Bohnen	3	93
3.	Bananen	2	95
4.	Paprika	1	96
5.	Orangen	1	97
6.	Orangensaft	1	98
	sonstiges Gemüse	1	99
	sonstiges Obst	1	100

Tab. 5 Hauptlebensmittel für die Zufuhr von Lycopin in der westdeutschen Bevölkerung

Rang	Lebensmittel	Prozent	Kumulative Prozent
1.	Tomaten	48	48
2.	Tomatenprodukte	44	92
3.	Südfrüchte	7	99
4.	sonstige	1	100

Tab. 6 Hauptlebensmittel für die Zufuhr von Cryptoxanthin in der westdeutschen Bevölkerung

Rang	Lebensmittel	Prozent	Kumulative Prozent
1.	Paprika	62	62
2.	Eier	12	74
3.	Orangensaft	8	82
4.	Orangen	7	89
5.	Obstkonserven	1	90
	sonstige Südfrüchte	9	99
	sonstiges Gemüse	1	100

Tab. 7 Hauptlebensmittel für die Zufuhr von Lutein/Zeaxanthin in der westdeutschen Bevölkerung

Rang	Lebensmittel	Prozent	Kumulative Prozent
1.	Blattsalate	30	30
2.	Spinat	20	50
3.	Grünkohl	8	58
4.	Eier	8	66
5.	Erbsen	6	72
6.	Kartoffeln	5	78
7.	Obst, Obstsäfte	5	83
	sonstiges Frischgemüse	12	95
	sonstige Gemüseprodukte	5	100

Tab. 8 Aufnahme an weiteren Xanthophyllen aus Broccoli, Grünkohl, Rosenkohl, Spinat, Weißkohl

Xanthophyll	$\mu\text{g/Tag}$
all-trans-Neoxanthin	90
9'-cis-Neoxanthin	282
Violaxanthin	234
Neochrome	64
Luteinepoxid	90
cis-Luteinepoxid	48
Neoluteine	115
gesamt	923

wichtigsten Cryptoxanthinquellen. Das Xanthophyll Lutein wird vor allem mit Blattsalaten, Spinat, Grünkohl, Erbsen und Kartoffeln aufgenommen. Sonstige Frischgemüse und Gemüseprodukte, zu denen u.a. verschiedene Kohlarten, Zwiebeln und Lauch gezählt wurden, tragen zu insgesamt 17 % der insgesamt aufgenommenen Luteinmenge bei. Die einzelnen Kohlarten haben daran lediglich einen geringfügigen Anteil von jeweils nur wenigen Prozenten. Neben diesen fünf Carotinoiden enthalten unsere Lebensmittel zahlreiche weitere Carotinoide. Von den über 500 bekannten natürlich vorkommenden Carotinoiden konnten in Lebensmitteln bisher über 40 Carotinoide gefunden werden. Für einige häufig verzehrte Gemüsearten liegen weitere Xanthophyllgehalte (23) vor. Werden diese Daten in die Carotinoiddatenbank aufgenommen und bei der Auswertung berücksichtigt, dann ergibt sich, daß auch diese Carotinoide ebenfalls in der Summe in signifikanten Mengen aufgenommen werden (Tabelle 8).

Diskussion

Der Vergleich von Carotinoidgehalten aus verschiedenen Literaturquellen zeigt für gleiche Obst- und Gemüsearten große Schwankungsbreiten. Für Karotten beispielsweise werden β -Carotingehalte zwischen 1 830 und 14 700 $\mu\text{g/}$

Tab. 9 Internationaler Vergleich der mittleren Carotinoidzufuhr

	β -Carotin (mg/Tag)	α -Carotin (mg/Tag)	Cryptoxanthin (mg/Tag)	Lycopin (mg/Tag)	Lutein/Zeaxanthin (mg/Tag)
1. Dietary recall, USA (11) 19–50jährige Frauen n = 1 102	1,8	0,4	0,03	2,6	1,3
2. FFQ, USA (49) 43–85jährige Erwachsene n = 2 152	1,49	0,27	0,03	1,89	0,96
3. Diet history, Finnland (20) Erwachsene Frauen, n = 4 750 Männer, n = 5 304	2,4 1,7	0,13 0,07	– –	0,87 0,70	1,05 1,12
4. Nahrungsproben, Deutschland n = 39 (31)	2,53	0,83	0,23	0,55	1,11
5. 7-Tage-Verzehrsprotokoll, Deutschland alle Altersgruppen Frauen, n = 12 308 Männer, n = 10 901	1,81 1,81	0,30 0,28	0,05 0,05	1,25 1,31	1,87 1,95

FFQ = Verzehrhäufigkeiten-Fragebogen (Food Frequency Questionnaire)

100 g und für Tomaten Lycopingealte zwischen 879 und 4200 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ genannt (28). Diese großen Differenzen werden durch unterschiedliche Anbaubedingungen, Sorte, Reifegrad und Alter des Lebensmittels sowie Analysemethoden bestimmt. Darum wurden in der den Auswertungen zugrunde liegenden Datenbank bevorzugt Angaben über Carotinoidgehalte von in Deutschland durchgeführten Untersuchungen benutzt. Daten zum β -Carotiningehalt entstammen in erster Linie der deutschen Lebensmitteltabelle (42). Es ist aber zu beachten, daß auch diese Daten aus verschiedenen Untersuchungen resultieren und zu verschiedenen Zeitpunkten mit unterschiedlichen Analysemethoden gewonnen wurden. Besonders bei den älteren Carotinoidangaben ist in Lebensmitteltabellen von einer analytisch bedingten, fehlenden Differenzierung zwischen den verschiedenen Carotinoiden auszugehen. Seit Einführung von Carotinoidanalysen mit der HPLC-Technik können diese Lebensmittelinhaltsstoffe aber hinreichend differenziert werden. Die Lutein-/Zeaxanthinangaben wurden teilweise einer Publikation der BfE in Karlsruhe (31) und teilweise der amerikanischen Datenbank (47) entnommen. Die α -Carotin-, Lycopin- und Cryptoxanthingehalte stammen dagegen weitgehend aus der amerikanischen Datenbank.

Die aggregierten Daten der für die alte Bundesrepublik Deutschland repräsentativen Nationalen Verzehrsstudie stützen sich auf 23 209 7-Tage-Verzehrsprotokolle. Um zu überprüfen, ob eine auf aggregierten Daten basierende Auswertung zu vergleichbaren Ergebnissen wie die auf Originaldaten basierende Auswertung führt, wurden β -Carotin- und Vitamin-C-Mengen verglichen. In der hier

vorliegenden neuen Auswertung wurde eine mittlere Vitamin-C-Zufuhr von 96,4 mg/Tag und eine mittlere β -Carotinzufuhr von 1,81 mg/Tag ermittelt. Ursprünglich waren 94,8 mg Vitamin C bzw. 1,91 mg β -Carotin (1) berechnet worden. Somit führen beide Verfahren zu vergleichbaren Resultaten. Die neue Auswertung ergab weiter, daß die Carotinoidzufuhr der Bundesbürger/innen im Durchschnitt um den Faktor 3 höher ist als die Zufuhr an β -Carotin allein.

Die Aufnahme an Carotinoiden variiert von Tag-zu-Tag wesentlich stärker als etwa der Verzehr von Fett, Protein oder Kohlenhydraten. Auch wenn täglich andere Fleischprodukte und andere stärkehaltige Lebensmittel (Kartoffeln, Reis, Nudeln, Brot) gegessen werden, bleibt die Zufuhr der Hauptnährstoffe und vieler weiterer essentieller Nährstoffe auch bei abwechslungsreicher Ernährung doch relativ konstant. Im Gegensatz dazu kann eine sehr große von-Tag-zu-Tag Variation der Carotinoidaufnahme in Abhängigkeit von dem verzehrten Gemüse oder Obst festgestellt werden (17). Aufgrund der großen Variation ist eine nur kurzfristig angelegte Ernährungsanamnese (z.B. 24-h-recall und Kurzzeit-Verzehrsprotokolle) weniger geeignet, die übliche Aufnahme an einzelnen Carotinoiden von Einzelpersonen zuverlässig abzuschätzen. Erhebungsinstrumente, die mehr die langfristige Ernährungsweise erfassen, wie Verzehrhäufigkeiten-Fragebogen (FFQ) oder Diet-history, sind daher eher geeignet, die individuelle Carotinoidaufnahme zu schätzen. Die mit FFQ ermittelten Carotinoidaufnahmen zeigten in einer neuen Studie eine gute Übereinstimmung mit den jeweiligen Carotinoidkonzentrationen im Plasma (30).

Viele Lebensmittel sind zwar reich an bestimmten Carotinoiden (z.B. Mango), sind aber für die Versorgung nur von geringer Bedeutung, da diese Produkte nicht regelmäßig und nicht in nennenswertem Umfang von der deutschen Bevölkerung verzehrt werden. Die Auswertungen zeigen, daß in Deutschland – wie in anderen Ländern auch – oft nur wenige Lebensmittel in besonderem Maße zur Versorgung mit einem Carotinoid beitragen. Dies sind Tomaten und daraus hergestellte Produkte für Lycopin; Blattsalate, Blatt- und Fruchtgemüse für Lutein; Karotten, Blattsalate und Spinat für β -Carotin; Karotten und Bohnen für α -Carotin sowie Paprika und Orangen bzw. Orangensaft für Cryptoxanthin. Obst, Obstsaft und Obstprodukte spielen für die Carotinoidversorgung in Deutschland im Durchschnitt insgesamt nur eine untergeordnete Rolle. Dies erklärt sich einerseits aus den im Vergleich zu Gemüsen relativ geringen Gehalten und andererseits dadurch, daß bei vielen Obstarten ein stark saisonabhängiges Verzehrverhalten besteht (z.B. Orangen im Winter, Beeren im Sommer, Aprikosen im Herbst). Apfel ist zwar die in Deutschland am häufigsten verzehrte Obstart, trägt aber aufgrund der geringen Gehalte an Carotinoiden (β -Carotin: 26 μg , α -Carotin: 0 μg , Cryptoxanthin: 0 μg , Lycopin: 0 μg , Lutein: 20 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) nur unwesentlich zur Gesamtversorgung bei. Apfelverzehr ist daher vor allem für die Zufuhr von Bioflavonoiden von Bedeutung (27). Da der Konsum von Mais- und Maisprodukten in Deutschland nicht zuletzt durch die Zunahme des Cornflakesverzehr stark zugenommen hat, dürfte auch die Zeaxanthinzufuhr angestiegen sein. Maismehl enthält im Durchschnitt 1 mg Zeaxanthin/100 g, so daß allein mit dem täglichen Verzehr von einer Portion Cornflakes (50 g) 0,5 mg Zeaxanthin aufgenommen werden.

Im Vergleich zu der Carotinoidanalyse in 39 deutschen Gesamtnahrungsproben (31) zeigt die vorliegende Berechnung einerseits eine geringere, mittlere α -Carotin-, β -Carotin- und Cryptoxanthinzufuhr, andererseits aber eine wesentlich höhere, mittlere Zufuhr an Lycopin und Lutein (Tabelle 9). Diese Unterschiede könnten auf die nicht repräsentative und zu einseitige Auswahl der Gesamtnahrungsproben zurückzuführen sein. In der Tabelle 9 sind für die einzelnen Carotinoide jeweils die Mittelwerte dargestellt. Da die Carotinoidzufuhr der Bevölkerung aber nicht einer Normalverteilung folgt, dürften die Mediane deutlich niedriger als die berechneten Mittelwer-

te liegen. In zwei amerikanischen Studien (11, 49), die zwar ebenfalls andere Erhebungsinstrumente (dietary recall bzw. Verzehrshäufigkeiten-Fragebogen) eingesetzt haben, wird aber dennoch eine relativ gute Übereinstimmung der β -Carotin-, α -Carotin- und Cryptoxanthinzufuhr mit den Neuberechneten Daten der Nationalen Verzehrsstudie festgestellt (Tabelle 9). Die Lycopinzufuhr ist in den USA dagegen aufgrund des höheren Tomaten- bzw. Tomatenprodukteverzehr deutlich höher als in Deutschland (4, 7). In der NHANES-III-Studie wurde für die US-amerikanische Bevölkerung für die Jahre 1988–1991 mit Hilfe eines 24-h-Erinnerungsprotokolls (24-h-recall) eine mittlere β -Carotinzufuhr sogar von 2,7 mg/Tag berechnet (3). Allerdings lag die mediane β -Carotinzufuhr in dieser Untersuchung mit 1,04 mg/Tag deutlich niedriger. Die Zufuhr an Lutein übersteigt in Deutschland (Männer 1,95 mg/Tag, Frauen 1,87 mg/Tag) die Werte in anderen Ländern. Als Grund hierfür werden die unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten der beobachteten Bevölkerungsgruppen angesehen, denn in Deutschland tragen insbesondere Blattsalate, Blatt- und Fruchtgemüse zu den höheren Luteinzufuhren bei. Da noch nicht für alle carotinoidhaltigen Lebensmittel komplette Carotinoidanalysen vorliegen, ist in der vorliegenden Untersuchung eher von einer Unterschätzung der tatsächlichen Carotinoidaufnahme der deutschen Bevölkerung auszugehen. In kontrollierten Studien konnte gezeigt werden, daß die verschiedenen Carotinoide in signifikanten Mengen absorbiert werden und z.B. ein regelmäßiger täglicher Verzehr von fünf Portionen Obst und Gemüse zu einem signifikanten Anstieg der hier diskutierten Carotinoide im Blutplasma führt (8). Ein Vergleich des deutschen Pro-Kopf-Verbrauchs zeigt, daß z.B. der Tomatenverbrauch von 1987 bis 1997 um 15 % von 14,7 auf 16,9 kg/Kopf/Jahr angestiegen ist (6, 7). Der Gesamtverbrauch an Gemüse hat sich in dem gleichen Zeitraum von 76,8 auf 86,2 kg/Kopf/Jahr erhöht. Diese veränderten Verzehrsgewohnheiten, die auch in den USA beobachtet werden (32), dürften inzwischen zu einem Anstieg der durchschnittlichen Carotinoidzufuhr geführt haben. Aufgrund ihrer antioxidativen und anticarcinogenen Wirkungen sollte in ernährungsepidemiologischen Untersuchungen neben der β -Carotinzufuhr auch die Zufuhr zumindest der genannten Carotinoide und evtl. von Zeaxanthin Berücksichtigung finden.

Literatur

- Adolf T, Eberhardt W, Hesecker H, Hartmann S, Herwig A, Matiaske B, Moch, KJ, Schneider R, Kübler W (1994) Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. Ergänzungsband zum Ernährungsbericht 1992. In: Kübler W, Anders HJ, Heeschen W (Hrsg.) Band XI der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen
- Adolf T, Schneider R, Eberhardt W, Hartmann S, Herwig A, Hesecker H, Hünchen K, Kübler W, Matiaske B, Moch KJ, Rosenbauer J (1995) Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985–1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In: Kübler W, Anders HJ, Heeschen W (Hrsg.): Band XI der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen
- Alaimo K, McDowell MA, Briefel RR, Bischof AM, Caughman CR, Loria CM, Johnson CL (1994) Dietary intakes of vitamins, minerals and fiber of persons aged 2 months and over in the United States. NHANES III 1988–1991. Advanced Data from Vital and Health Statistics, No. 258. NCHS, Hyattsville (1994)
- Beecher GR (1998) Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proc Soc Exp Biol Med* 218:98–100
- Block G, Patterson B, Subar A (1992) Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutr Cancer* 18:1–29
- BML (1988) Statistische Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1988. Landwirtschaftsverlag Münster
- BML (1997) Statistische Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1997. Landwirtschaftsverlag Münster
- Bowen PE, Garg V, Stacewicz-Sapuntzakis M, Yelton L, Schreiner RS (1993) Variability of serum carotenoids in response to controlled diets containing six servings of fruits and vegetables per day. *Ann N Y Acad Sci* 691:241–243
- Castenmiller JJM, West CE (1998) Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 18:19–38
- Chopra M, Willson RL, Thurnham DI (1993) Free radical scavenging of lutein in vitro. *Ann N Y Acad Sci* 691:246–249
- Chug-Ahuja JK, Holden JM, Forman MR, Mangels AR, Beecher GR (1993) The development and application of a carotenoid database for fruits, vegetables, and selected multicomponent foods. *J Am Diet Assoc* 93:318–323
- Clinton SK (1998) Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr Rev* 56:35–51
- DiMascio P, Kaiser S, Sies H (1989) Lycopene as the most biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch Biochem Biophys* 274:1–7
- Gartner C, Stahl W, Sies H (1997) Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am J Clin Nutr* 66:116–122
- Gey KF (1998) Vitamins E plus C and interacting conutrients required for optimal health. A critical and constructive review of epidemiology and supplementation data regarding cardiovascular disease and cancer. *Biofactors* 7:113–174
- Hammond BR Jr, Wooten BR, Snodderly DM (1997) Density of the human crystalline lens is related to the macular pigment carotenoids, lutein and zeaxanthin. *Optom Vis Sci* 74:499–504
- Hankin JH, Le Marchand L, Kolonel LN, Wilkens LR (1993) Assessment of carotenoid intakes in humans. *Ann N Y Acad Sci* 691:68–75
- Heinonen MI, Ollilainen V, Linola EK, Varo PT, Koivistoinen PE (1989) Carotenoids in Finnish foods: vegetables, fruits and berries. *J Agric Food Chem* 37:655–659
- Jacques PF, Taylor A, Hankinson SE, Willett WC, Mahnken B, Lee Y, Vaid K, Lahav M (1997) Long-term vitamin C supplement use and prevalence of early age-related lens opacities. *Am J Clin Nutr* 66:911–916
- Järvinen R (1995) Carotenoids, retinoids, tocopherols and tocotrienols in the diet; the Finish mobile clinic health examination survey. *Internat J Vit Nutr Res* 65:24–30
- Johnson EJ, Qin, J, Krinsky NI, Russell RM (1997) Ingestion by men of a combined dose of beta-carotene and lycopene does not affect the absorption of beta-carotene but improves that of lycopene. *J Nutr* 127:1833–1837
- Khachik F, Beecher GR, Smith JC Jr (1995) Lutein, lycopene, and their oxidative metabolites in chemoprevention of cancer. *J Cell Biochem* 22:236–246
- Khachik F, Beecher GR, Whittaker NF (1986) Separation, identification and quantification of the major carotenoid and chlorophyll constituents in extracts of several green vegetables by liquid chromatography. *J Agric Food Chem* 34:603–616
- Krinsky NI (1998) Overview of lycopene, carotenoids, and disease prevention. *Proc Soc Exp Biol Med* 218:95–97
- La Vecchia C, Tavani A (1998) Fruit and vegetables, and human cancer. *Eur J Cancer Prev* 7:3–8
- Landrum JT, Bone RA, Joa H, Kilburn MD, Moore LL, Sprague KE (1997) A one year study of the macular pigment: the effect of 140 days of a lutein supplement. *Exp Eye Res* 65:57–62
- Linseisen J, Radtke J, Wolfram (1997) Flavonoidzufuhr Erwachsener in einem bayrischen Teilkollektiv der Nationalen Verzehrsstudie. *Z Ernährungswiss* 36:403–412
- Mangels AR, Holden JM, Beecher GR, Forman MR, Lanza E (1993) Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. *J Am Diet Assoc* 93:284–296
- Mares-Perlman JA, Brady WE, Klein R, Klein BE, Bowen P, Stacewicz-Sapuntzakis M, Palta M (1995) Serum antioxidants and age-related macular degeneration in a population-based case-control study. *Arch Ophthalmol* 113:1518–1523
- Michaud DS, Giovannucci EL, Ascherio A, Rimm EB, Forman MR, Sampson L, Willett WC (1998) Associations of plasma carotenoid concentrations and dietary intake of specific carotenoids in samples of two prospective cohort studies using a new carotenoid database. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 4:283–290
- Müller H (1996) Die tägliche Aufnahme von Carotinoiden aus Gesamtnahrungsmitteln und die Carotinoidgehalte ausgewählter Gemüse- und Obstsorten. *Z Ernährungswiss* 35:45–50
- Nebeling LC, Forman MR, Graubard BI, Snyder RA (1997) Changes in carotenoid intake in the United States: The 1987 and 1992 National Health Interview Surveys. *J Am Diet Assoc* 97:991–996
- Ness AR, Powles JW (1997) Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. *Int J Epidemiol* 26:1–13
- Nguyen ML, Schwartz SJ (1998) Lycopene stability during food processing. *Proc Soc Exp Biol Med* 218:101–105
- Parker RS (1997) Bioavailability of carotenoids. *Eur J Clin Nutr* 51:S86–S90
- Riedl J, Linseisen J, Wolfram G (1997) Carotinoid-Aufnahme junger Erwachsener in Bayern. *Z Ernährungswiss* 36:62–63
- Riso P, Porrini, M (1997) Determination of carotenoids in vegetable foods

- and plasma. *Internat J Vit Nutr Res* 67:47–54
38. Schalch W (1992) Carotenoids in the retina – a review of their possible role in preventing or limiting damage caused by light and oxygen. *EXS* 62:280–298
39. Schneider R, Eberhardt W, Hesecker H, Moch KJ (1992) Die VERA-Stichprobe im Vergleich mit Volkszählung, Mikrozensus und anderen nationalen Untersuchungen. In: Kübler W, Anders HJ, Heeschen W, Kohlmeier M (Hrsg.) Band II der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen
40. Seddon JM, Ajani UA, Sperduto RD, Hiller R, Blair N, Burton TC, Farber MD, Gragoudas ES, Haller J, Miller DT (1994) Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. *JAMA* 272:1413–1420
41. Sies H, Stahl W (1998) Lycopene: antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human. *Proc Soc Exp Biol Med* 218:121–124
42. Souci SW, Fachmann W, Kraut H (1994) Die Zusammensetzung der Lebensmittel. 5. revidierte und ergänzte Auflage. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart
43. Stahl W, Junghans A, de Boer B, Driomina ES, Briviba K, Sies H (1998) Carotenoid mixtures protect multilamellar liposomes against oxidative damage: synergistic effects of lycopene and lutein. *FEBS Lett* 427(2):305–308
44. Stahl W, Sies H (1996) Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? *Arch Biochem Biophys* 336:1–9
45. Taylor A, Jacques PF, Epstein EM (1995) Relations among aging, antioxidant status, and cataract. *Am J Clin Nutr* 62:1439S–1447S
46. Terry P, Nyren O, Yuen J (1998) Protective effect of fruits and vegetables on stomach cancer in a cohort of Swedish twins. *Int J Cancer* 76:35–37
47. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (1998) USDA-NCI Carotenoid Food Composition Data Base. Internetadresse: <http://www.nal.usda.gov/fnic/food-comp/Data/Carot/carot.html>
48. van Poppel G (1996) Epidemiological evidence for beta-carotene in prevention of cancer and cardiovascular disease. *Eur J Clin Nutr* 50:S57–S61
49. VandenLangenberg GM, Brady WE, Nebeling LC, Block G, Forman M, Bowen PE, Stacewicz-Sapuntzakis M, Mares-Perlman JA (1996) Influence of using different sources of carotenoid data in epidemiologic studies. *J Am Diet Assoc* 96:1271–1275