

Zur Problematik der Mineralstoff- bzw. Magnesiumretention während der Verarbeitung pflanzlicher Lebensmittel

K. Gierschner / H. Nguyen-Viet

Institut für Spezielle Lebensmitteltechnologie der Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim

Der überwiegende Teil der pflanzlichen Rohwaren wird heute in irgendeiner Weise industriell verarbeitet. Aus der Literatur ist zu ersehen, daß hierbei in der Industrie wie im Haushalt zum Teil – neben anderen Komponenten – speziell auch hohe Verluste an Mineralstoffen auftreten. Da jedoch die pflanzlichen Lebensmittel einen erheblichen Anteil an der Bedarfsdeckung der Menschen mit Mineralstoffen haben, ist es sehr wünschenswert, die Retention dieser Stoffe während der Verarbeitung zu

verbessern. Zunächst wird in der vorliegenden Studie versucht, den theoretischen Hintergrund bzw. die Mechanismen der Vorgänge zu klären, die zu Verlusten oder zur Erhaltung während der Verarbeitung führen. Daraus wird dann abgeleitet, welche Maßnahmen möglich scheinen, die Verluste zu verringern. Schließlich werden hierzu einige praktikierbare Verfahrensbeispiele angeführt.

Einleitung

Angesichts der Tatsache, daß gemäß Ernährungsbericht der DGE [4] der Mineralstoffbedarf der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland zu einem erheblichen Teil aus pflanzlichen Lebensmitteln gedeckt wird (s. Tab. 1, vgl. [8]), scheint es – ohne auf die Beantwortung der sehr komplexen Frage einer möglicherweise besonders guten Resorbierbarkeit der Mineralstoffe im biologischen Verband eingehen zu wollen – wünschenswert, die heute in sehr hohem Maße erfolgende industrielle Verarbeitung der pflanzlichen Rohwaren so zu steuern, daß neben der Erhaltung anderer ernährungsphysiologi-

scher Komponenten auch eine möglichst hohe Retention der Mineralstoffe erreicht wird. Hierbei werden hauptsächlich die diesbezüglichen Probleme, die bei der Ver-

Tabelle 1 Prozentualer Anteil der Nahrungspflanzen an der Mineralstoffzufuhr in der Bundesrepublik Deutschland 1969/70 (aus [8])

Mineralstoff	Getreide	Kartoffel	Gemüse	Obst
Ca	4,2	3,7	9,6	8
Mg	31	19,7	11,6	8,5
Fe	16,8	12,3	15	9,9

arbeitung von Obst, Gemüse und Kartoffeln auftreten, berücksichtigt. Keine Berücksichtigung finden dagegen die Probleme der Mineralstoffretention beim Getreide; so wird z.B. nicht auf Fragen des Ausmahlungsgrades, einer in dieser Hinsicht wohl wichtigsten Beeinflussungsmöglichkeit, eingegangen.

Festlegung des Begriffs „Retention“

Vom Standpunkt der Erhaltung oder des Verlustes an Nährstoffen bzw. Mineralstoffen wird man zwei Arten von pflanzlichen Lebensmitteln, die in prinzipiell unterschiedlicher Zielrichtung verarbeitet werden, ins Auge fassen müssen: zum ersten diejenigen, bei denen der ursprüngliche Zellverband zerstört wurde und nur ein Teil – wenn auch der größtmögliche Anteil – zur Herstellung der Lebensmittel verwendet wird, z.B. bei *Fruchtsäften*; zum zweiten solche Lebensmittel, bei denen die Rohware weitgehend in ursprünglicher Form, Konsistenz und Aussehen in den Endprodukten erscheint, z.B. bei *Gemüsekonserven*. Im ersten Fall wird es darum gehen, aus der Rohware möglichst vollständig sämtliche Inhaltsstoffe ohne ernährungsphysiologisch nachteilige Veränderungen in das Fertigprodukt zu überführen; im zweiten Fall wird man bemüht sein, möglichst alle Inhaltsstoffe ohne nennenswerte Veränderungen im ursprünglichen Zellverband zurückzubehalten bzw. zu verhindern, daß während der einzelnen Verarbeitungsschritte (wie Waschen, Putzen, Blanchieren etc.) Inhaltsstoffe aus der Rohware entfernt, z.B. ausgelaugt, werden. Unter „Retention“ wird in dieser Darstellung sowohl die möglichst vollständige Überführung in Folgeprodukte als auch die möglichst vollständige Zurückhaltung von Inhaltsstoffen in den pflanzlichen Lebensmitteln verstanden.

Einiges zu den bei der Verarbeitung pflanzlicher Rohware auftretenden Stofftransportvorgängen

Bei der zu optimierenden Retention von Inhaltsstoffen spielen – zumindest bei den Mineralstoffen, bei denen chemische Veränderungen nur in geringem Umfange in Frage kommen – vor allem Transportphänomene eine dominierende Rolle. Diese verlaufen außerordentlich komplex wegen der heterogenen, durch äußere Einflüsse leicht veränderlichen Struktur des Zellgewebes bzw. wegen der leichten chemischen und physikalischen Veränderbarkeit der den Zellverband (Organellen, Membranen, Zellwände, Interzellularen) aufbauenden Strukturelemente und Verbindungen. Grundsätzlich werden Stofftransportvorgänge während einzelner Schritte der Verarbeitung pflanzlicher Rohware anders verlaufen, wenn die Zellen dieser Rohware noch leben, als wenn die Zellen bereits abgetötet sind. Das gilt sowohl für pflanzliche Lebensmittel des vorher beschriebenen Typs „Fruchtsäfte“ als auch für solche des Typs „Gemüsekonserven“. In der Praxis werden häufig bei der Herstellung ein und desselben pflanzlichen Lebensmittels Stofftransportvorgänge in noch lebenden oder bereits abgetöteten Geweben parallel oder – bezogen auf einzelne Verarbeitungsschritte – nacheinander eine Rolle spielen. Es

scheint nützlich, beide Vorgänge zunächst getrennt zu betrachten.

Stofftransportvorgänge bei noch lebenden pflanzlichen Geweben

Wenn während eines Verarbeitungsschrittes die Zellen des pflanzlichen Materials noch leben (wie dies beim Waschen von Obst und Gemüse, beim Auspressen von Früchten zu Säften oder beim Zusammenpressen der gesalzenen Weißkohlschnitzel vor der Milchsäuregärung der Fall ist), erfolgt der Stoffaustausch – abgesehen von dem hierbei quantitativ kaum ins Gewicht fallenden sogenannten aktiven Transport – vornehmlich in einer Richtung: Bei Ausübung von Druck auf das Gewebe tritt eine Art umgekehrte Osmose auf, d. h., aufgrund der die Zellinhalte abgrenzenden semipermeablen Membranen wird praktisch nur Wasser nach außen abgegeben; lediglich aus verletzten oder zerstörten Zellen können Zellorganellen, Protoplasma und Zellflüssigkeit mitsamt den Inhaltsstoffen nach außen gelangen.

Kommt Wasser mit lebendem Zellgewebe von außen in Kontakt, denn dringt im wesentlichen nur Wasser aufgrund des im Zellinnern herrschenden relativ hohen osmotischen Druckes in die Zellen ein, und zwar unter Anschwellen des Turgors. Darüber hinaus können vom Wasser die in geringer Menge in Gewebeöffnungen oder Interzellularräumen befindlichen löslichen Stoffe und die Inhaltsstoffe aufgebrochener Zellen herausgelöst werden. Je nach Art und Größe der dem Kontakt mit dem Wasser ausgesetzten Gewebeoberfläche und je nach Kontaktzeit (wobei allerdings bei längeren Tauchzeiten, d. h. mehr als etwa 1 Stunde, auch Schädigungen der Zellen und damit erhöhte Stoffdurchlässigkeit angenommen werden muß) können Mineralstoffe aus pflanzlichem Gewebe herausgewaschen werden [3, 14, 5, 12]. Hierbei gehen monovalente Kationen (wie K^+) am leichtesten, dagegen bivalente Kationen weniger leicht (am wenigsten Mg^{++} -Ionen in den ersten vier Stunden, vgl. Tab. 2 [3]) ins Waschwasser über.

Tabelle 2 Übergang der Mineralstoffe ganzer Früchte in die 5fache Menge destillierten Wassers bei verschiedenen Auslaugungszeiten (aus [3])

Art	Auslaugungszeit h	K %	Ca %	Mg %	Fe %
Süßkirschen	2	1,25	4,7	0	0
	4	1,35	4,87	0	0
	10	4,75	10,1	0	7,4
Erdbeeren	2	12,2	2,8	1,9	1,7
	4	22,4	3,16	2,7	2,5
	10	24,8	2,8	5,32	4
Grüne Erbsen	2	4,3	1,14	0	0,8
	4	7	1,34	0	1,3
	10	16	1,34	0,37	4
Grüne Bohnen	2	2,1	7,1	0	0,9
	4	3	7,5	1,9	1,37
	10	6,75	8,8	3,3	2,16

Dies gilt vor allem für großblättrige Gemüse, besonders in fließendem Wasser (vgl. Tab. 3 [12]), während Gemüse oder Obst mit geringer Oberfläche wesentlich weniger Mineralstoffanteile verlieren. Durch Elektrolytzusätze wird die Auswaschung von Mineralstoffen stark beeinflusst. Dabei erfolgt nach 24stündiger Einwirkung – offenbar unter Ausbildung von sogenannten Donnan-Gleichgewichten – mit steigenden Elektrolytzusätzen z.B. ein steigender Austausch von Ca^{++} -Ionen aus dem Gewebe gegen monovalente, besonders aber gegen andere bivalente Kationen [14] aus dem Waschwasser (vgl. auch „Ionenaustausch“ [1]).

Stofftransportvorgänge bei bereits abgetöteten Pflanzengeweben

Wenn im pflanzlichen Gewebe die Zellen abgetötet werden, was durch Erhitzen, Gefrieren, mechanisches Zerstören durch Feinstzerkleinerung, Sauerstoffentzug und anderes geschehen kann, wird die Organisation der Zellen, die einen aktiven bzw. selektiven Stofftransport ermöglicht, insbesondere die in diesem Zusammenhang wichtige Semipermeabilität der Zellmembranen, aufgehoben. Bei noch aktiven Enzymen vermögen diese nun ungehindert in den entsprechenden Substraten vielfältigste Reaktionen (Autolyse) auszulösen, wobei tiefgreifende Veränderungen der Pflanzenkomponenten verursacht werden. Diese können auch mit teilweise veränderten Bindungsverhältnissen der Mineralstoffe, z.B. Bindung der Ca^{++} - und Mg^{++} -Ionen an durch Pektinesterase entestertes Pektin, gekoppelt sein.

Werden nun abgetötete pflanzliche Gewebe mit Wasser in Kontakt gebracht, wie dies z.B. beim Fruchtsaft-Extraktionsverfahren [6], beim Blanchieren, Kochen oder Sterilisieren von Gemüse geschieht, so folgt hier im Gegensatz zu den Vorgängen bei noch lebendem Gewebe ein Stoffaustausch, der grundsätzlich in beiden Richtungen möglich ist, praktisch jedoch hauptsächlich in einem Transport von Inhaltsstoffen bzw. Mineralstoffen aus dem Gewebe in das Wasser besteht. Bei diesen Transportvorgängen handelt es sich im wesentlichen um Vorgänge, die den Gesetzmäßigkeiten der Diffusion (innerhalb gleicher Phasen) und des Stoffüberganges (an den Phasengrenzflächen) unterliegen, wenngleich hierbei

auch noch andere Phänomene als bei der reinen Fest-Flüssigkeits-Extraktion eine Rolle spielen [6], da in diesem Fall die feste Phase (das Pflanzengewebe) sehr kompliziert aufgebaut ist (Zellwände, Hohlräume, die teils mit Gas, teils mit Flüssigkeit ausgefüllt sind, etc.).

Gemäß Fickschem Gesetz hängt die Menge des pro Zeit- und Flächeneinheit an einer bestimmten Stelle durchdiffundierenden Stoffes bekanntlich zunächst einmal von dem Gefälle der *Konzentration* dieses Stoffes gegenüber dessen Konzentration im auszulaugenden Medium ab. Demzufolge werden aber auch um so mehr Mineralstoffe ins Wasser übergehen, je größer die Austauschfläche des Gewebes ist und je länger der Auslaugungsprozeß dauert.

Der *Diffusionskoeffizient* und damit auch die Stärke der Diffusion sind gemäß Einstein-Beziehung (vgl. [6]) um so größer, je höher die Auslaugungstemperatur liegt, ferner je kleiner der Teilchendurchmesser des diffundierenden Stoffes und je geringer die Viskosität des auslaugenden Mediums ist.

Auswaschen von Mineralstoffen durch Wasser bzw. verdünnte Säuren aus zerkleinertem und unzerkleinertem Obst und Gemüse

Sehr eindrucksvoll wird die unterschiedliche Abgabe von Mineralstoffen und speziell Magnesium aus lebendem und totem Gewebe durch Untersuchungsergebnisse von Strmiska und Mitarb. [3] demonstriert, die einmal ganze Früchte und unzerkleinertes Gemüse und zum anderen feinstzerkleinertes Obst und Gemüse der gleichen Art acht Stunden lang einer Extraktion mit destilliertem Wasser bei Zimmertemperatur aussetzten. Bei Erdbeeren wurde aus dem Homogenat etwa eine 10mal so große Menge an Magnesiumverbindungen wie aus den ganzen Früchten extrahiert, bei grünen Erbsen und Bohnen war der Mengenanteil des ausgelaugten Magnesiums aus dem toten Gewebe noch größer. Darüber hinaus gehören die Arbeiten von Strmiska und Mitarb. [3] zu den ersten, in denen nicht einfach die Gehalte an Mineralstoffen in pflanzlichem Material nach Veraschen festgestellt wurden, sondern in denen zwischen löslichen und unlöslichen Mineralstoffen in pflanzlichen Lebensmitteln unterschieden wurde. Sie legten hierzu umfangreiche Tabellen vor; ein Auszug daraus (die Magnesiumverbindungen betreffend) ist der Tabelle 4 (vgl. [3]) zu entnehmen.

Bei Zugabe von Salzsäure bis zu einer Konzentration von 0,1 n konnte die Menge der ausgelaugten Magnesiumverbindungen beim Obst in Größenordnungen von 8 bis 17% gesteigert werden, bei Gemüse lag die Steigerungsrate zwischen 9 und 21%. Dies ist wichtig als Hinweis auf die Verhältnisse im Magen, wobei allerdings noch nichts darüber gesagt werden kann, wie sich diese löslich gewordenen Mg-Verbindungen unter den alkalischen Bedingungen im Dünndarm, dem angenommenen Ort der Mg-Resorption beim Menschen, in bezug auf Löslichkeit und Resorption verhalten.

Insgesamt ermittelten Strmiska und Mitarb. [3] die in

Tabelle 3 Auswaschen von Mineralstoffen unter fließendem Wasser (aus [12])

Produkt	Form	Zeit h	¹³⁷ Cs %	⁸⁵ Sr %
Salat	Ganze Blätter	1	21	15
		16	42	28
	Blätter in Streifen	1	39	25
		16	67	45
Kartoffeln	Geschält und halbiert	2	0	0
		16	3	2
	Geschält und geviertelt	2	4	2
		16	19	12
	Geschält und in Scheiben von 2 cm Dicke geschnitten	2	17	8
		16	57	38

Tabelle 4 Gesamtgehalt an Magnesium sowie wasserlöslicher und -unlöslicher Anteil bei Obst und Gemüse (vgl. [3])

	Mg(mg/100 g) Gesamt- Gehalt	Löslicher Anteil	Unlöslicher Anteil
Petersilie	58,12	30,06	30,11
Bananen	40,11	28,86	9,92
Rote Rübe	40,10	23,31	16,98
Grüne Bohne	39,93	11,39	28,52
Grüne Erbsen	39,10	11,77	26,85
Kohlrabi	26,96	15,09	12,75
Karotten	26,67	13,53	13,04
Salat	26,38	16,95	9,63
Himbeeren	24,63	15	9,73
Wirsing	22,29	13,88	8,16
Grapefruit	21,12	17,23	4,18
Zitronen	20,65	16,94	3,11
Erdbeeren	20,34	14,26	6,23
Blumenkohl	19,61	9,78	9,73
Pflaumen	18,39	11,97	6,03
Gurken	17,91	12,05	5,58
Tomaten	16,45	7,79	8,81
Paprika	15,52	5,35	10
Äpfel	8,95	6,05	2,89

Tabelle 5 Durchschnittlicher löslicher Anteil (%) vom Gesamtgehalt des jeweiligen Mineralstoffs (aus [3])

	Asche	Fe	Ca	Mg	P	K
Obst	85	51	58	71	71	92
Gemüse	85	32	36	50	80	95

Tabelle 5 wiedergegebenen durchschnittlichen löslichen Anteile einzelner Mineralstoffe (Zahlenangaben hier abgerundet). Hierbei zeigte sich, daß die untersuchten Mineralstoffe (ausgenommen die Phosphorverbindungen) in Obst eine höhere Löslichkeit als im Gemüse aufwiesen. Diese Untersuchungsergebnisse scheinen die Aufstellung der nachfolgenden Löslichkeitsreihe für die untersuchten Elemente bzw. deren Ionen oder Anionen aus abgetötetem Gewebe zu rechtfertigen:

Fe < Ca < Mg < P < K.

Für noch nicht abgetötetes Gewebe ergaben die Untersuchungen Strmiskas meist eine andere Reihenfolge, wobei außerdem die absoluten Werte der herausgelösten Substanzen um Zehnerpotenzen niedriger lagen. Bei Süßkirschen und grünen Bohnen sah die Reihenfolge so aus:

Mg
Fe < P < Ca < K.

Das letztgenannte Ergebnis ist wichtig für den Verfahrensschritt des Waschens von Obst und Gemüse.

Mineralstoffverluste bei heute üblichen Verfahrensschritten der Verarbeitung von Obst, Gemüse und Kartoffeln

Die heute üblichen Verfahrensschritte bei der Verarbeitung von Obst, Gemüse und Kartoffeln haben aus mehreren Gründen nicht nur ihre Berechtigung, sondern sind meist sogar unbedingt erforderlich. So sind Putzen und Waschen in der Regel unumgänglich, da nur so störende Begleitstoffe (z.B. Sand), unverdauliche und oft auch geschmacklich negativ zu bewertende Teile (z.B. Schalen der Kartoffeln) entfernt werden können und/oder der Anfangskeimgehalt ausreichend gesenkt werden kann. Das Blanchieren (Hitzevorbehandlung) ist häufig unverzichtbar, um Enzyme rechtzeitig auszuschalten, um eine Reihe qualitätsverschlechternder Vorgänge wie geruchliche, geschmackliche, farbmäßige Veränderungen und/oder Abbau von Vitaminen zu vermeiden. Selbstredend ist eine Pasteurisation oder Sterilisation unumgänglich, wenn man die im Gut enthaltenen Mikroorganismen zwecks Haltbarmachung abtöten will. Die stärksten Verluste an Inhaltsstoffen ganz allgemein und an Mineralstoffen im besonderen treten beim sogenannten Blanchieren, beim Vorkochen und Haltbarmachen von Obst, Gemüse und Kartoffeln durch Auslaugen auf, wobei die Inhaltsstoffe in das Blanchierwasser oder den sogenannten Aufguß gelangen. In eigenen Arbeiten [10] konnte festgestellt werden, daß die Mineralstoffverluste stark von der Blanchierzeit abhängig sind. So stiegen die Mg⁺⁺-Verluste von 5% bei einer Wasser-Blanchierzeit von 2 Minuten auf 20% bei 4 Minuten und auf 40% bei 6 Minuten Blanchierzeit. Demgegenüber lag der Mg⁺⁺-Verlust bei einer Dampf-Blanchierzeit von 6 Minuten nur bei 5%, d.h., ein Blanchieren mit Dampf kann die Auslaugungsverluste stark verringern. Auch eine Erniedrigung der Blanchiertemperatur vermag die Verluste zu reduzieren [10, 16].

In einer Reihe von Veröffentlichungen [2, 9, 10, 14, 12, 15, 16] werden Angaben über die Mineralstoffverluste gemacht. Sie zeigen, daß die Verluste beim Blanchieren und Kochen bei Mineralstoffen von wenigen Prozenten bis zu 70% (bei Ca⁺⁺ bis 20%, bei Mg⁺⁺ bis 58%, bei K⁺ bis über 70%) betragen können. Berücksichtigt man bei diesen Betrachtungen die Untersuchungsergebnisse von Strmiska [3] (über die löslichen und unlöslichen Mineralstoffe), so wird man befürchten müssen, daß die in der Literatur bisher veröffentlichten Angaben über Mineralstoffverluste effektiv noch höher liegen als angegeben. Denn bei diesen Verlusten werden immer die löslichen Mineralstoffe erfaßt, wodurch sich das Verhältnis der löslichen zu den unlöslichen (und damit sicher schlechter resorbierbaren Mineralstoffen) noch ungünstiger gestaltet. Demzufolge sind die erst kürzlich veröffentlichten Tabellen über die Nährstoffversorgung der Bevölkerung [10, 13], zumindest bezogen auf die Mineralstoffversorgung (wonach für Magnesium bei Zugrundelegung eines Bedarfs von 260 mg pro Tag bei Erwachsenen ein geringfügiges Überangebot vorliege), noch einmal kritisch zu überprüfen. Ganz abgesehen davon, sind errechnete Durchschnittswerte problematisch; außerdem dürfte der

Wert für den tatsächlichen Bedarf an Mg noch nicht ganz geklärt sein.

Aus den vorangegangenen Darlegungen dürfte klar geworden sein, wie wünschenswert es ist, bei der Verarbeitung von pflanzlichen Rohwaren die Mineralstoffverluste zu senken, ohne dabei allerdings die vorher geschilderte Zielrichtung der einzelnen Verarbeitungsschritte aus den Augen zu verlieren. Denn wegen dieser Zielrichtung sind die einzelnen Verarbeitungsschritte sowohl in der Industrie als auch im Haushalt unvermeidbar; es kann nur darum gehen, sie so zu modifizieren, daß die Verluste an Inhaltsstoffen bzw. Mineralstoffen minimiert werden.

Technologische Möglichkeiten zur Verbesserung der Mineralstoff- bzw. Magnesiumretention

Für den Technologen bieten sich als Konsequenzen der vorher gemachten Ausführungen folgende Verbesserungsmöglichkeiten an:

1. Beim Putzen sollte von den Schichten, die besonders reich an Mineralstoffen sind (z.B. bei Kartoffeln die Region unter der Schale), möglichst wenig (z.B. durch den Schälprozeß) entfernt werden.
2. Beim Waschen sollte darauf geachtet werden, daß die Rohwaren so wenig wie möglich verletzt oder zerkleinert werden, um eine Freigabe von Zellinhaltsstoffen zu vermeiden und die Austauschflächen so gering wie möglich zu halten.
3. Die Kontaktzeiten mit dem Wasch- oder Blanchierwasser sollten möglichst gering gehalten werden.
4. Die Blanchiertemperatur sollte so gering wie möglich liegen, um den Diffusionskoeffizienten möglichst klein zu halten.
5. Die Menge des auslaugenden Mediums sollte so gering wie möglich gehalten werden. Statt Wasser sollten möglichst Dampf oder Heißluft oder Infrarotstrahlung eingesetzt werden, wobei allerdings negative Effekte in anderer Hinsicht (z.B. Verhornung der Oberfläche oder ähnliches) vermieden werden müssen.
6. Es könnte daran gedacht werden, isotonische Lösungen als Wasch-, Blanchier- oder Aufgußflüssigkeiten zu verwenden, um die Austauschvorgänge zu minimieren. Entsprechende Untersuchungen werden z. Z. in Hohenheim durchgeführt.
7. Wenn möglich, sollten Vorgänge wie Blanchieren und Sterilisieren in denselben Behältnissen durchgeführt werden, in denen sie zum Verbraucher gelangen, um dort möglichst in denselben Behältnissen zum Verzehr zubereitet werden zu können.

Nachfolgend sollen hier zwei Verfahrensbeispiele zur Minimierung von Inhaltsstoff- bzw. Mineralstoffverlusten aufgeführt werden:

- a) Kartoffeln werden nach dem Waschen und eventuell Tauchen in NaCl-Lösung, die auch die Enzyme hemmt, direkt in kunststoffkaschierte Aluminiumfolien in nur einer Schicht verpackt. Das Erhitzen kann nun unter vertretbaren Wärmeübergangsverhältnissen auch ohne Aufguß vorgenommen werden. Die so haltbar gemachten Kartoffeln können im Haushalt im heißen Wasser in der Verpackung verzehrfertig gemacht werden [11].
 - b) Weißkohlschnitzel werden direkt in flexiblen Beuteln lakefrei vergoren. Dadurch werden ein Wegschütten von inhaltsstoffreicher Lake und damit ein hoher Verlust an Inhaltsstoffen bzw. Mineralstoffen vermieden [7].
- Die obigen Beispiele sollen zeigen, daß es durchaus möglich scheint, die Mineralstoff- bzw. Magnesiumretention während der Verarbeitung pflanzlicher Lebensmittel zu verbessern, wenn die notwendigen Verarbeitungsschritte hinsichtlich der ihnen zugrundeliegenden biologischen, physikalischen, chemischen und biochemischen Phänomene studiert und die daraus gewonnenen Erkenntnisse konsequent angewendet werden.

Literatur beim Verfasser und im Sonderdruck

Für die Verfasser: Prof. Dr. K. Gierschner, Universität Hohenheim, Postfach 106/03200, 7000 Stuttgart 70