Simone Loh

# Bewertung des Einflusses verschiedener Garverfahren auf die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität von frischen und TK-Gemüsen anhand ausgewählter Parameter

Cuvillier Verlag Göttingen

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

**Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement**

**Professur für Haushaltstechnik**

# Bewertung des Einflusses verschiedener Garverfahren auf die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität von frischen und TK-Gemüsen anhand ausgewählter Parameter

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades im Studiengang „Haushalts -und Ernährungswissenschaften“ am Fachbereich „Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement“ der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

Dipl. oec. troph. Simone Loh

aus Wetzlar

Gießen, im Januar 2004

**Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.
1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2004
Zugl.: Gießen, Univ., Diss., 2004
ISBN 3-86537-006-3

**Dissertation am Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**Tag der mündlichen Prüfung: 30. Januar 2004**

Vorsitzende: Prof. Dr. I.-U. Leonhäuser

1. Gutachter: Prof. Dr.-Ing. E. Schlich

2. Gutachter: Prof. Dr. H. Brunn

Prüfer: Prof. Dr. B. Honermeier

Prüfer: Prof. Dr. H. Seufert

⊕ CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2004
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.
1. Auflage, 2004
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-006-3

# Kurzfassung

Es wird untersucht, wie sich verschiedene Garverfahren auf den Gehalt an Ascorbinsäure, ζ-Tocopherol, η-Carotin (all-trans und cis-Formen) und Mineralstoffen in frischen und tiefgekühlten Gemüsen auswirken.

Bei η-Carotin wird außerdem das prozentuale Verhältnis der cis- and all-trans-Formen zueinander als cis-/all-trans-Ratio bestimmt.

Frische Broccoli, rote Paprika, Karotten und Kartoffeln werden im Topf gekocht und gedünstet sowie im Dampfgarer, im Dampfdruckgarer und in der Mikrowelle zubereitet. Frische rote Paprika und Karotten werden gekocht und im Combidämpfer bei 100 und 60 % Feuchte gegart. Weiterhin werden TK-Broccoli und rote TK-Paprika gekocht, im Dampfgarer und in der Mikrowelle zubereitet.

Mithilfe der Bewertenden Prüfung mit Skale wird die sensorische Qualität der Garverfahren überprüft [DIN 10 952].

Die Untersuchung von Ascorbinsäure, ζ-Tocopherol und η-Carotin erfolgt per HPLC [VDLUFA 1993; IZ-LUFA-ITL 1999; DIN EN 12823-2 2000]. Die Bestimmung der Mineralstoffe erfolgt über den Rohaschegehalt [VDLUFA 1976].

Bei der sensorischen Bewertung zeigt sich, dass die meisten Urteile im Bereich der hohen Qualität und einige im mittleren Qualitätsbereich liegen.

Die hydrophilen Substanzen (Ascorbinsäure und Mineralstoffe) erleiden allgemein beim Kochen die höchsten Verluste, die übrigen wasserarmen Garverfahren zeigen geringe bis gar keine Verluste.

Das Garen von frischem Broccoli führt generell zu einer Freisetzung der lipophilen Verbindungen (ζ-Tocopherol und all-trans-η-Carotin), während im TK-Broccoli keine Veränderung bzw. eine Abnahme eintritt.

Bei den frischen Paprika und der TK-Paprika tritt durch das Garen entweder keine Veränderung oder ein Verlust von ζ-Tocopherol und all-trans-η-Carotin ein, wodurch sich die cis-/all-trans Ratio des η-Carotins erhöht.

Zum besseren Vergleich zwischen frischem und TK-Gemüse sollten in zukünftigen Untersuchungen beide aus der gleichen Ausgangsware stammen. Weiterhin ist die Zubereitung von TK-Gemüsen mit Großküchenverfahren ein interessanter Untersuchungspunkt.

## Abstract

The influence of different cooking methods on the retention of ascorbic acid, ζ-tocopherol, η-carotene (all-trans and cis-isomers) and minerals in fresh and frozen vegetables is examined.

In addition the percental relation between the cis- and all trans- isomers of η-carotene is expressed as cis-/all-trans ratio.

Fresh Broccoli, red pepper, carrots and potatoes are boiled and stewed in a pot and prepared in a steam oven, a pressure steam oven and in the microwave. Fresh red pepper and carrots are boiled and prepared in a combi-steamer with 100 and 60 % humidity. Further frozen broccoli and frozen peppers are boiled, prepared in a steam oven and in the microwave.

The sensory quality of the cooking methods is examined by evaluation test with scale [DIN 10 952].

Ascorbic acid, ζ-tocopherol and η-carotene are detected by HPLC [VDLUFA 1993; IZ-LUFA-ITL 1999; DIN EN 12823-2 2000]. The determination of the minerals is made by the ash content [VDLUFA 1976 ].

Sensory evaluation shows that most of the evaluations lie in the range of high quality and some in middle quality range.

Generally the hydrophilic substances (ascorbic acid and minerals) suffer the highest losses by boiling while the other cooking methods with less water show small to no losses.

Cooking of fresh broccoli generally leads to a release of the lipophilic compounds (ζ-tocopherol and all-trans-η-carotene) while in the frozen broccoli no change or a decrement occurs.

In the fresh and frozen peppers no change or a loss of ζ-tocopherol and all-trans-η-carotene occurs whereby the cis-/all-trans ratio of the η-carotene increases.

For better comparison between fresh and frozen vegetables in future investigations both should originate from the same crop. Further the preparation of frozen vegetables with methods of canteen kitchens is an interesting point of investigation.

# Inhaltsverzeichnis

**Abbildungsverzeichnis** **VI**

**Tabellenverzeichnis** **X**

**Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen** **XIII**

**1 Einleitung** **1**

**2 Stand des Wissens und der Technik** **2**

2.1 Garverfahren 2

2.1.1 Allgemeines 2

2.1.2 Energieübertragung 3

2.1.3 Einteilung der Garverfahren 11

2.2 Gemüse 13

2.2.1 Definition und Einteilung 13

2.2.2 Broccoli (Brassica oleracea convar. botrytis var. italica) 13

2.2.3 Karotte (Daucus carota ssp. sativus) 14

2.2.1 Kartoffel (Solanum tuberosum) 14

2.2.2 Gemüsepaprika (Capsicum annuum var. annuum) 15

2.2.3 Die Herstellung von TK-Gemüse 15

2.3 Sensorische Qualität von Lebensmitteln 17

2.3.1 Definition 17

2.3.2 Grundlagen der sensorischen Analyse 17

2.3.3 Sensorische Prüfung mit Skale 18

2.3.4 Ausgewählte Einflüsse auf die sensorische Qualität beim Garen von Gemüse 20

2.3.4.1 Veränderung der Textur 20

2.3.4.2 Veränderung der farbgebenden Inhaltsstoffe 21

2.3.4.3 Veränderung der aromagebenden Inhaltstoffe 22

2.4 Ernährungsphysiologische Qualität von Lebensmitteln 23

2.4.1 Definition 23

2.4.2 Vitamin C 23

2.4.2.1 Struktur und chemische Eigenschaften 23

2.4.2.2 Vorkommen und Verfügbarkeit 24

2.4.2.3 Eigenschaften und Funktionen 24
2.4.2.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme 24
2.4.2.5 Veränderungen bei der Lebensmittelzubereitung 25
2.4.3 Vitamin E 27
2.4.3.1 Struktur und chemische Eigenschaften 27
2.4.3.2 Vorkommen und Lokalisation in der Pflanze 27
2.4.3.3 Physiologische Funktionen 28
2.4.3.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme 29
2.4.3.5 Studien zu Veränderungen im Vitamin E-Gehalt beim Garen und Tiefkühlen von Gemüse 29
2.4.4 η-Carotin 30
2.4.4.1 Struktur und chemische Eigenschaften 30
2.4.4.2 Vorkommen und Verfügbarkeit 31
2.4.4.3 Eigenschaften und Funktionen 34
2.4.4.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme 35
2.4.5 Rohasche 35
2.4.5.1 Definition 35
2.4.5.2 Verluste bei der Lebensmittelzubereitung 36
2.4.5.3 Gehalte in pflanzlichen Produkten 36
**3 Material und Methoden 37**
3.1 Lebensmittelauswahl 37
3.2 Versuchsreihe A 38
3.2.1 Verwendete Verfahren und Gemüse 38
3.2.2 Garversuche 39
3.2.2.1 Versuchsaufbau 39
3.2.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe 42
3.2.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel 43
3.2.2.4 Versuchsdurchführung 43
3.2.2.5 Garparameter 44
3.3 Versuchsreihe B 46
3.3.1 Verwendete Verfahren und Gemüse 46
3.3.2 Garversuche 46
3.3.2.1 Versuchsaufbau 46

3.3.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe 47
3.3.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel 48
3.3.2.4 Versuchsdurchführung 49
3.3.2.5 Garparameter 49
3.4 Versuchsreihe C 50
3.4.1 Verwendete Garverfahrne und Gemüse 50
3.4.2 Garversuche 51
3.4.2.1 Versuchsaufbau 51
3.4.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe 52
3.4.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel 52
3.4.2.4 Versuchsdurchführung 53
3.4.2.5 Garparameter 53
3.5 Lagerung und Versand der fertigen Proben 54
3.6 Bestimmung der Vitamin- und Rohaschegehalte 55
3.7 Berechnung der Masseveränderung 57
3.8 Berechnung der Vitamin- und Rohaschegehalte 57
3.9 Sensorische Bewertung 58
3.9.1 Prüfergruppe 58
3.9.2 Prüfraum 58
3.9.3 Prüfmethode 59
3.9.4 Wahl des statistischen Verfahrens 60
**4 Ergebnisse 63**
4.1 Sensorische Prüfung 63
4.2 Masseveränderung 80
4.3 Vitamin- und Rohascheanalytik 84
**5 Statistische Auswertung 101**
5.1 Sensorische Prüfung 101
5.1.1 Statistische Verfahren 101
5.1.2 Ergebnisse 101
5.2 Masse-, Vitamin- und Rohaschegehalte 103
5.2.1 Statistische Verfahren 103
5.2.2 Ergebnisse 104
5.2.2.1 Masseveränderungen 104

5.2.2.2 Vitamingehalte 107

**6 Diskussion 121**

6.1 Sensorische Bewertung der Garverfahren 121

6.2 Masseveränderungen 124

6.2.1 Versuchsreihe A 124

6.2.2 Versuchsreihe B 126

6.2.3 Versuchsreihe C 126

6.3 Vitamin- und Rohaschegehalte 127

6.3.1 Vitamin C 127

6.3.1.1 Ascorbinsäure zur Bestimmung von Vitamin C 127

6.3.1.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur 127

6.3.1.3 Auswirkung der Garverfahren 128

6.3.2 Vitamin E 130

6.3.2.1 ζ-Tocopherol zur Bestimmung von Vitamin E 130

6.3.2.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur 130

6.3.2.3 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Broccoli 131

6.3.2.4 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Paprika 132

6.3.3 η-Carotin 133

6.3.3.1 Bestimmung von η-Carotin in der all-trans und cis-Form 133

6.3.3.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur 134
6.3.3.3 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Broccoli 134
6.3.3.4 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Paprika 135
6.3.3.5 Auswirkungen des Garens bei Karotten 136
6.3.3.6 Auswirkungen des Garens auf die cis-/all-trans-Ratio in Gemüse 138
6.3.4 Rohasche 142
6.3.4.1 Bestimmung der Rohasche zur Ermittlung der Mineralstofferhaltung 142
6.3.4.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur 143
6.3.4.3 Auswirkung der Garverfahren 143
6.4 Gesamtbewertung der Garverfahren 145
6.5 Anmerkungen zur Untersuchung und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise 147
**7 Zusammenfassung 142**
**8 Literaturverzeichnis 144**

**Anhang**

## Abbildungsverzeichnis


Abb. 2-1: Polarisation von Molekülen in einem elektrischen Feld [modifiziert nach Wegner 2000] 8

Abb. 2-2: Permittivitätszahl von Wasser bzw. Eis in Abhängigkeit der Temperatur [modifiziert nach HEA 1999] 10

Abb. 2-3: Erwärmungsfaktor von Wasser bzw. Eis in Abhängigkeit der Temperatur [HEA 1999, S. 8] 10

Abb. 2-4: Ascorbinsäure 23

Abb. 2-5: ζ-Tocopherol 27

Abb. 2-6: η,η-Carotin 30

Abb. 3-1 Versuchsaufbau mit Fissler-Kochtopf [Foto: Loh 2003] 40

Abb. 3-2 Imperial Dampfdrucklosgarer [Foto: Loh 2003] 40

Abb. 3-3 Imperial Dampfdruckgarer [Foto: Loh 2003] 41

Abb. 3-4 Imperial Dampfdruckgarer: Garraum [Foto: Loh 2003] 41

Abb. 3-5 Miele Mikrowellengerät [Foto: Loh 2003] 42

Abb. 3-6 Rational Combidämpfer [Foto: Loh 2003] 47

Abb. 3-7 Paket mit vakuumierten Proben, Trockeneis und Kühlakkus [Foto: Loh 2003] 54

Abb. 3-8 Prüfplatz [Foto: Loh 2003] 59

Abb. 4-1: Broccoli und Farbe 62

Abb. 4-2: Broccoli und Form 62

Abb. 4-3: Broccoli und Geschmack 63

Abb. 4-4: Broccoli und Textur 63

Abb. 4-5: Gesamtbewertung Broccoli 63

Abb. 4-6: Paprika und Farbe 64

Abb. 4-7: Paprika und Form 64

Abb. 4-8 Paprika und Geschmack 65

Abb. 4-9: Paprika und Textur 65

Abb. 4-10: Gesamtbewertung Paprika 65

Abb. 4-11: Karotten und Farbe 66

Abb. 4-12: Karotten und Form 66

Abb. 4-13: Karotten und Geschmack 67

Abb. 4-14: Karotten und Textur 67

Abb. 4-15: Gesamtbewertung Karotten 67
Abb. 4-16: Kartoffeln und Farbe 68
Abb. 4-17: Kartoffeln und Form 68
Abb. 4-18: Kartoffeln und Geschmack 69
Abb. 4-19: Kartoffeln und Textur 69
Abb. 4-20: Gesamtbewertung Kartoffeln 69
Abb. 4-21: Paprika und Farbe 70
Abb. 4-22: Paprika und Form 70
Abb. 4-23: Paprika und Geschmack 71
Abb. 4-24: Paprika und Textur 71
Abb. 4-25: Gesamtbewertung Paprika 72
Abb. 4-26: Karotten und Farbe 72
Abb. 4-27: Karotten und Form 73
Abb. 4-28: Karotten und Geschmack 73
Abb. 4-29: Karotten und Textur 74
Abb. 4-30: Gesamtbewertung Karotten 74
Abb. 4-31: TK-Broccoli und Farbe 75
Abb. 4-32: TK-Broccoli und Form 75
Abb. 4-33: TK-Broccoli und Geschmack 76
Abb. 4-43: TK-Broccoli und Textur 76
Abb. 4-35: TK-Gesamtbewertung Broccoli 77
Abb. 4-36: TK-Paprika und Farbe 77
Abb. 4-37: TK-Paprika und Form 78
Abb. 4-38: TK-Paprika und Geschmack 78
Abb. 4-39: TK-Paprika und Textur 79
Abb. 4-40: TK-Gesamtbewertung Paprika 79
Abb. 4-41: Masseveränderungen beim Garen von Broccoli ($\bar{x} \pm s$) 80
Abb. 4-42: Masseveränderungen beim Garen von Paprika ($\bar{x} \pm s$) 80
Abb. 4-43: Masseveränderungen beim Garen von Karotten ($\bar{x} \pm s$) 81
Abb. 4-44: Masseveränderungen beim Garen von Kartoffeln ($\bar{x} \pm s$) 81
Abb. 4-45: Masseveränderungen beim Garen von Paprika ($\bar{x} \pm s$) 82
Abb. 4-46: Masseveränderungen beim Garen von Karotten ($\bar{x} \pm s$) 82
Abb. 4-47: Masseveränderungen beim Garen von TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) 83

| | | |
|---|---|---|
| Abb. 4-48: | Masseveränderungen beim Garen von TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 83 |
| Abb. 4-49: | Ascorbinsäure in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 84 |
| Abb. 4-50: | ζ-Tocopherol in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 84 |
| Abb. 4-51: | all-trans-η-Carotin in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 85 |
| Abb. 4-52: | cis-η-Carotine in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 85 |
| Abb. 4-53: | Rohasche in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 86 |
| Abb. 4-54: | Ascorbinsäure in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 86 |
| Abb. 4-55: | ζ-Tocopherol in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 87 |
| Abb. 4-56: | all-trans-η-Carotin in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 87 |
| Abb. 4-57: | cis-η-Carotine in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 88 |
| Abb. 4-58: | Rohasche in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 88 |
| Abb. 4-59: | all-trans-η-Carotin in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 89 |
| Abb. 4-60: | cis-η-Carotine in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 89 |
| Abb. 4-61: | Rohasche in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 90 |
| Abb. 4-62: | Ascorbinsäure in Kartoffeln ($\bar{x} \pm s$) | 90 |
| Abb. 4-63: | Rohasche in Kartoffeln ($\bar{x} \pm s$) | 91 |
| Abb. 4-64: | Ascorbinsäure in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 92 |
| Abb. 4-65: | all-trans-η-Carotin in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 92 |
| Abb. 4-66: | cis-η-Carotine in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 93 |
| Abb. 4-67: | Rohasche in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 93 |
| Abb. 4-68: | all-trans-η-Carotin in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 94 |
| Abb. 4-69: | cis-η-Carotine in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 94 |
| Abb. 4-70: | Rohasche in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 95 |
| Abb. 4-71: | Ascorbinsäure in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 96 |
| Abb. 4-72: | ζ-Tocopherol in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 96 |
| Abb. 4-73: | all-trans-η-Carotin in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 97 |
| Abb. 4-74: | cis-η-Carotine in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 97 |
| Abb. 4-75: | Rohasche in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 98 |
| Abb. 4-76: | Ascorbinsäure in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 98 |
| Abb. 4-77: | ζ-Tocopherol in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 99 |
| Abb. 4-78: | all-trans-η-Carotin in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 99 |
| Abb. 4-79: | cis-η-Carotine in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 100 |

| | | |
|---|---|---|
| Abb. 4-80: | Rohasche in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 100 |
| Abb. 6-1: | cis-/all-trans-Ratio in Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 138 |
| Abb. 6-2: | cis-/all-trans-Ratio in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 139 |
| Abb. 6-3: | cis-/all-trans-Ratio in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 139 |
| Abb. 6-4: | cis-/all-trans-Ratio in Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 140 |
| Abb. 6-5: | cis-/all-trans-Ratio in Karotten ($\bar{x} \pm s$) | 140 |
| Abb. 6-6: | cis-/all-trans-Ratio in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$) | 141 |
| Abb. 6-7: | cis-/all-trans-Ratio in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$) | 141 |

## Tabellenverzeichnis


Tab. 2-1: Zusammenhang zwischen Skalenbereich und Qualität [Fliedner 1993] 19
Tab. 3-1: Garparameter beim Kochen 44
Tab. 3-2: Garparameter beim Dünsten 44
Tab. 3-3: Garparameter beim Dämpfen 45
Tab. 3-4: Garparameter beim Druckdämpfen 45
Tab. 3-5: Garparameter beim Garen in der Mikrowelle 45
Tab. 3-6: Garparameter beim Kochen 49
Tab. 3-7: Garparameter im Combidämpfer bei 100 % Feuchte 49
Tab. 3-8: Garparameter im Combidämpfer bei 60 % Feuchte + Beschwaden 50
Tab. 3-9: Garparameter beim Kochen 53
Tab. 3-10: Garparameter beim Dämpfen 53
Tab. 3-11: Garparameter beim Garen in der Mikrowelle 53
Tab. 3-12: Untersuchungsmethoden und Nachweisgrenzen der Vitaminanalysen [Reutter 2001] 56
Tab. 3-13: Zusammenhang zwischen Qualitätsanforderungen, Merkmalseigenschaften und Qualitätsbereich [modifiziert nach DIN 10952] 60
Tab. 3-14: Zusammenhang zwischen Punktevergabe und zugehöriger Qualitätsaussage [nach DIN 10 952] 60
Tab. 5-1: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Broccoli 104
Tab. 5-2: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Paprika 104
Tab. 5-3: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Karotten 105
Tab. 5-4: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Kartoffeln 105
Tab. 5-5: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Paprika 105
Tab. 5-6: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Karotten 106

Tab. 5-7: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von TK-Broccoli 106
Tab. 5-8: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von TK-Paprika 106
Tab. 5-9: Ascorbinsäure in Broccoli (mg/100 g) 107
Tab. 5-10: ζ-Tocopherol in Broccoli (mg/100 g) 107
Tab. 5-11: all-trans-η-Carotin in Broccoli (mg/100 g) 108
Tab. 5-12: cis-η-Carotine in Broccoli (mg/100 g) 108
Tab. 5-13: cis-/all-trans-Ratio in Broccoli (in %) 108
Tab. 5-14 Rohasche in Broccoli (g/100 g) 109
Tab. 5-15: Ascorbinsäure in Paprika (mg/100 g) 109
Tab. 5-16: ζ-Tocopherol in Paprika (mg/100 g) 109
Tab. 5-17: all-trans-η-Carotin in Paprika (mg/100 g) 110
Tab. 5-18: cis-η-Carotine in Paprika (mg/100 g) 110
Tab. 5-19: cis-/all-trans-Ratio in Paprika (in %) 110
Tab. 5-20: Rohasche in Paprika (g/100 g) 111
Tab. 5-21: all-trans-η-Carotin in Karotten (mg/100 g) 111
Tab. 5-22: cis-η-Carotine in Karotten (mg/100 g) 111
Tab. 5-23: cis-/all-trans-Ratio in Karotten (in %) 112
Tab. 5-24: Rohasche in Karotten (g/100 g) 112
Tab. 5-25: Ascorbinsäure in Kartoffeln (mg/100 g) 112
Tab. 5-26: Rohasche in Kartoffeln (g/100 g) 113
Tab. 5-27: Ascorbinsäure in Paprika (mg/100 g) 113
Tab. 5-28: all-trans-η-Carotin in Paprika (mg/100 g) 114
Tab. 5-29: cis-η-Carotine in Paprika (mg/100 g) 114
Tab. 5-30: cis-/all-trans-Ratio in Paprika (in %) 114
Tab. 5-31: Rohasche in Paprika (g/100 g) 115
Tab. 5-32: all-trans-η-Carotin in Karotten (mg/100 g) 115
Tab. 5-33: cis-η-Carotine in Karotten (mg/100 g) 115
Tab. 5-34: cis-/all-trans-Ratio in Karotten (in %) 116
Tab. 5-35: Rohasche in Karotten (g/100 g) 116
Tab. 5-36: Ascorbinsäure in TK-Broccoli (mg/100 g) 117
Tab. 5-37: ζ-Tocopherol in TK-Broccoli (mg/100 g) 117

Tab. 5-38: all-trans-η-Carotin in TK-Broccoli (mg/100 g) 118
Tab. 5-39: cis-η-Carotine in TK-Broccoli (mg/100 g) 118
Tab. 5-40: cis-/all-trans-Ratio in TK-Broccoli (in %) 118
Tab. 5-41 Rohasche in TK-Broccoli (g/100 g) 118
Tab. 5-42: Ascorbinsäure in TK-Paprika (mg/100 g) 119
Tab. 5-43: ζ-Tocopherol in TK-Paprika (mg/100 g) 119
Tab. 5-44: all-trans-η-Carotin in TK-Paprika (mg/100 g) 119
Tab. 5-45: cis-η-Carotine in TK-Paprika (mg/100 g) 120
Tab. 5-46: cis-/all-trans-Ratio in TK-Paprika (in %) 120
Tab. 5-47: Rohasche in TK-Paprika (g/100 g) 120

## Liste der verwendeten Symbole und Abkürzungen

| | |
|---|---|
| AS | Ascorbinsäure |
| BMVEL | Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft |
| Ca | Calcium |
| cv | Variationskoeffizient |
| CPC | ClimaPlus Combi |
| CPC 60 | Garen im Combidämpfer bei 60 % Feuchte (reduzierter Feuchte) |
| CPC 100 | Garen im Combidämpfer bei 100 % Feuchte |
| DAR | Deutscher Akkreditierungsrat |
| DAS | Dehydroascorbinsäure |
| dti | Deutsches Tiefkühlinstitut e. V. |
| DIN | Deutsches Institut für Normung e. V. |
| EN | Europäische Norm |
| HPLC | High pressure liquid chromatography |
| IEC | International Electrotechnical Comission |
| ISO | International Organization for Standardization |
| LDL | low density lipoproteins |
| MPa | Megapascal |
| PTFE | Polytetrafluorethylen |
| T | Temperatur |
| TK- | Tiefkühl- |
| UV | Ultraviolett |
| VDLUFA | Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten |
| s | Standardabweichung |
| $\bar{x}$ | arithmetischer Mittelwert |

# 1 Einleitung

Bereits seit den 40er Jahren ist bekannt, dass die Wahl des Garverfahrens einen entscheidenden Einfluss auf die Vitaminerhaltung im Gargut hat [Oser 1943; Thomas 1949; Krehl 1950].

Auch heute existieren zahlreiche Publikationen, die dem Verbraucher die Verwendung nährstoffschonender Garverfahren näher bringen wollen [z. B. AID 1998 und 2003]. Zu diesen Verfahren, die v. a. durch kurze Garzeiten und den Einsatz von wenig Wasser gekennzeichnet sind, zählen u. a. das Dünsten und das Dämpfen bei Normal- und Überdruck. Gerade für den Bereich der Dampfgarverfahren hat es in den letzten Jahren für Privathaushalte und Großküchen eine Vielzahl von Geräteentwicklungen gegeben, welche auf bequeme und nähstoffschonende Weise schmackhafte Garergebnisse erzielen sollen.

Daneben spielt das Garen in der Mikrowelle eine große Rolle, vor allem wenn es um die Zubereitung von Tiefkühlprodukten geht, deren Pro-Kopf-Verbrauch in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen ist und im Jahr 2002 bei 34,5 kg liegt [dti o. J.].

Ziel dieser Arbeit ist es, mit Hilfe moderner Laboranalytik zu untersuchen, wie sich das traditionelle Kochen und Dünsten auf der Kochstelle sowie das Garen in modernen Dampfgargeräten und der Mikrowelle auf den Gehalt an Ascorbinsäure, ζ-Tocopherol, η-Carotin und Mineralstoffen in verschiedenen frischen und tiefgekühlten Gemüsen auswirkt. Bei ζ-Tocopherol und η-Carotin soll weiterhin überprüft werden, ob die unterschiedliche Lokalisation und Bindung dieser Biomarker in den einzelnen Gemüsen einen Einfluss auf ihr Verhalten beim Garen hat.

Bei der Wahl der Garparameter ist darauf zu achten, dass der Garegrad der Gemüse sich zwischen den Garverfahren möglichst nicht signifikant voneinander unterscheidet und mindestens eine ausreichende Genussqualität vorliegt. Mit Hilfe der Bewertenden Prüfung mit Skale wird überprüft, inwiefern diese Ziele erreicht werden.

# 2 Stand des Wissens und der Technik

## *2.1 Garverfahren*

### 2.1.1 Allgemeines

Unter Zufuhr von Energie findet beim Garen eine physikalisch-chemische Umwandlung der Rohware und der in ihr enthaltenen Inhaltsstoffe statt. Dabei werden Farbe, Textur, Geschmack, Geruch und Form der Lebensmittel beeinflusst und verändert [Tilgner 1974].

Durch das Garen von Lebensmitteln werden diese für den Menschen vielfach erst genießbar. Als Beispiel sind hier Hülsenfrüchte zu nennen, bei denen durch das Garen toxische Inhaltsstoffe wie Lektine denaturiert werden [Ternes 1990].

Durch Lockerung und Aufschluss des Zellgewebes werden manche Substanzen, wie z. B. Lycopin, vom menschlichen Körper besser aufgenommen [Gartner 1997; Dewanto 2002].

Beim Garen werden Röst- und Aromastoffe gebildet, die den Genusswert erhöhen. Reduzierende Zucker und Proteine können in unterschiedlichem Maße in Maillard-Produkte überführt werden, die für die Farbgebung und die Aromaveränderung (Kochgeschmack) des Gargutes sorgen. Außerdem schützt das Garen von Lebensmitteln vor Erkrankungen durch Mikroorganismen [Tilgner 1974; Ternes 1990].

Diesen positiven Einflüssen stehen selbstverständlich auch negative Effekte gegenüber. So können durch Hitze-, Licht-, Wasser- und Sauerstoffeinfluss insbesondere hydrophile Vitamine, Aromastoffe und Mineralien abgebaut oder ausgelaugt werden, wodurch Gesundheits- und Genusswert auch gemindert werden können [Bognár 1988].

### 2.1.2 Energieübertragung

Beim Garen wird Energie in Form von Wärme auf das Lebensmittel übertragen, wodurch sich dessen Temperatur erhöht. Wirkt eine bestimmte Wärmemenge entsprechend lange auf das Lebensmittel ein, geht dieses vom rohen in den garen Zustand über [Schlich 1994].

Der Begriff **Wärme** steht für die Energie, welche zwischen zwei Systemen aufgrund eines Temperaturunterschiedes übertragen wird. Dabei fließt die Wärme immer in Richtung der niedrigeren Temperatur [Hering 1992, Schlich 1994].

Wärme kann durch drei verschiedene Vorgänge übertragen werden:

**Wärmeleitung**

Wärmeleitung ist der Wärmefluss zwischen unmittelbar benachbarten Teilchen innerhalb von festen Körpern und unbeweglichen Fluiden.

Der Wärmestrom (dQ/dt), der infolge einer Temperaturdifferenz ($T_2 - T_1$) durch die Wandfläche (A) mit der Wandstärke (s) fließt, lässt sich nach folgender Gleichung ermitteln [Schlich 2002]:

$$dQ/dt = \lambda/s \; A \; (T_2 - T_1) \qquad \text{(Gl.-1)}$$

Die Proportionalitätskonstante $\lambda$ ist ein temperaturabhängiger Stoffwert, der als *Wärmeleitfähigkeitskonstante* bezeichnet wird und je nach Stoff sehr unterschiedlich sein kann [VDI 1991; Hering 1992; Cerbe 2002].

Durch Wärmeleitung findet beim Garen z. B. die Übertragung der Wärme von der Heizplatte auf den Topfboden und der Wärmetransport von der Gargutoberfläche in das Innere des Gargutes statt [Pichert 1981; Zobel 1992].

**Wärmeströmung (Konvektion)**

Die Wärmeübertragung zwischen bewegten Flüssigkeiten oder Gasen und einer festen Wand wird als konvektiver Wärmeübergang bezeichnet. Da für Flüssigkeiten und Gase die gleichen Gesetze gelten werden sie einheitlich als Fluids bezeichnet [Cerbe 2002].

Der Wärmestrom, der von einem Fluid mit der Temperatur $T_2$ an eine Wandfläche *A* mit der Oberflächentemperatur $T_1$ übertragen wird, lässt sich mit folgender Gleichung berechnen [Schlich 2002]:

$$dQ/dt = \zeta\ A\ (T_2 - T_1) \qquad \text{(Gl.-2)}$$

Der Proportionalitätsfaktor Ŭ wird als *Wärmeübergangskoeffizient* bezeichnet. Er hängt von sehr verschiedenen Einflussgrößen, wie z. B. der Oberflächenbeschaffenheit, Strömungsart und Strömungsgeschwindigkeit ab. Wird die Strömung des Fluids allein durch den Auftrieb, den die warmen Teilchen infolge des Dichteunterschieds gegenüber den kalten erfahren, verursacht, wird sie als *freie Konvektion* bezeichnet.

*Erzwungene Konvektion* entsteht, wenn die Strömung durch Einwirken äußerer Kräfte, z. B. durch Pumpen oder Ventilatoren, herbeigeführt wird, was zu höheren Werten des Wärmeübergangskoeffizienten Ŭ führt. [VDI 1991; Hering 1992; Pichert 1995; Cerbe 2002].

Beim Garen in flüssigen und gasförmigen Garmedien erfolgt der Energiefluss zum Lebensmittel neben der Wärmeleitung überwiegend durch Konvektion. Die Konvektion lässt sich jedoch nie ganz von der Wärmeleitung trennen, da die Wärme an der wärmeabgebenden Oberfläche zuerst durch Leitung in das vorbeiströmende Medium eindringen muss [Zobel 1992; Cerbe 2002].

Da die Oberfläche in die Gleichung der Wärmeübertragung linear mit eingeht, bedeutet eine Zerkleinerung der Lebensmittel eine schnellere Erwärmung, sofern zwischen den einzelnen Teilchen noch Kanäle vorhanden sind [Pichert 1981].

Der *Wärmeübergangskoeffizient* Ŭ wird beim Garen u. a. durch die Art und den Zustand des Garmediums, der Beschaffenheit und der Oberfläche des Gargutes, der Temperatur sowie vor allem der Geschwindigkeit und der Art der Strömung des Garmediums beeinflusst. So ist z. B. bei heißer Luft als Garmedium ein ausreichender Energiefluss nur durch erzwungene Konvektion gegeben, während beim Dampf im Sättigungszustand die freie Konvek-

tion ausreicht. Die Ursache dafür ist die Tatsache, dass Sattdampf, der auf die Oberfläche des kälteren Lebensmittels trifft, teilweise kondensiert und Kondensationsenthalpie an das Gargut abgibt, was zu einer hohen Wärmeübertragungsrate ohne negative Überhitzung der Gargutoberfläche führt [Pichert 1981; Wagner 1981; Naumann 1993; Cerbe 2002].

Film- und Tropfenkondensation

Bei Kondensationsvorgängen lässt sich zwischen Film- und Tropfenkondensation unterscheiden, d. h. das Kondensat schlägt sich entweder in Form von Tropfen oder als geschlossener Film (vollständige Benetzung) nieder. Der Wärmeübergang ist bei der Filmkondensation schlechter, da die Kondensationsenthalphie nur mittels Wärmeleitung durch den entstanden Wasserfilm an die Oberfläche des Objekts gelangt [Kessler 1996].

Dieser Vorgang wird durch die wachsende Filmdicke $\check{u}(X)$ noch weiter erschwert, da diese gemäß NUSSELT den Wärmeübergangskoeffizienten $\check{U}_K$ verringert [Nusselt 1916]:

$$\check{U}_k(x) = \frac{\varsigma}{\iota(X)} \qquad \text{(Gl.-3)}$$

Schlägt sich der Dampf hingegen unter Tropfenbildung nieder, ist der Wärmeübergang durch den fehlenden Wasserfilm wesentlich besser. Die Tropfenkondensation tritt eher selten auf. Sie ist eine besonders günstige Form des Wärmeübergangs, da hier zehnmal höhere Wärmeübergangskoeffizienten erreicht werden können als bei der Filmkondensation [Cube 1997].

Das Kondensat bildet Tropfen, wenn die Wand glatt ist (geringe Rautiefe) und das Kondensat die Oberfläche nicht benetzt. Ist das Wandmaterial an sich durch das Kondensat benetzbar, kann durch das Aufbringen von Hydrophobiermitteln (Fette, Edelmetallschichten, PTFE) eine Tropfenkondensation erreicht werden. Es bilden sich zuerst kleine Tropfen, welche im Verlauf der Kondensation an Umfang zunehmen. Im Verlauf des Wachstums berühren sich benachbarte Tropfen irgendwann und es kommt aufgrund der Oberflächenspannung zu Tropfenzusammenschlüssen, wodurch ein Teil der Fläche für die Bildung neuer Tropfen wieder frei wird. Hat ein Tropfen eine Größe erreicht, bei der die Schwerkraft und/oder die Scherkräfte des Dampfes die Adhäsionskräfte des Tropfens überwiegen, beginnt der Tropfen abzurollen. Dabei wischt er alle in seiner Ablaufbahn

liegenden Tropfen ab, wodurch Platz für neues Tropfenwachstum entsteht [Wagner 1981; VDI 1991; Frank 1994; Kessler 1996; Cerbe 2002].
Diese Vorgänge werden auch beim wasserarmen Garen genutzt. Die Lebensmittel werden tropfnass in das Gargefäß gegeben und erhitzt. Der aufsteigende Wasserdampf kondensiert am Deckel des Gargefäßes in Form von Tropfen, diese lösen sich ab einer bestimmten Größe wieder ab und stehen dem System in Form von Wasser wieder zur Verfügung. Voraussetzung hierfür ist ein dicht schließender Deckel, um ein Austreten des Dampfes aus dem System zu verhindern [Loh 2003b].

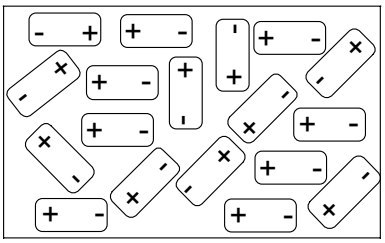
**Wärmestrahlung**

Wärme kann ohne körperlichen Träger durch Strahlung übertragen werden. Die Energieübertragung erfolgt durch elektromagnetische Wellen. Als Wärmestrahlung wird die Strahlung bezeichnet, die außer vom Stoff des strahlenden Körpers nur von dessen Temperatur abhängt. Feste, flüssige und einige gasförmige Körper können Wärmestrahlung abgeben und aufnehmen [Cerbe 2002.]
Die höchste Strahlungsdichte emittiert ein *schwarzer* Körper. Dieser absorbiert andererseits auch die gesamte auffallende Strahlungsenergie und wandelt sie in Wärme um [Pichert 1995].
*Weiße* Körper reflektieren alle auftreffenden Strahlen, während *graue* Körper von allen Wellenlängen denselben Bruchteil absorbieren [Pichert 1995].
Auch manche Gase, wie z. B. der Wasserdampf, können Strahlung absorbieren und demnach, entsprechend dem Kirchhoffschen Gesetz, auch wieder Wärme ausstrahlen. [Wagner 1981; VDI 1991; Hering 1992; Cerbe 2002]. Dieser Effekt ist unter anderem auch Auslöser für den Treibhauseffekt, an dem vor allem der Wasserdampf mit einem Anteil von 62 % beteiligt ist [Amann 2000].
Im Bereich der Garverfahren ist Wärmeübertragung mittels Strahlung beim Backen, Braten und Grillen zu finden. Ein Heizleiter (z. B. Grillheizung) sendet energiereiche Wärmestrahlung ab, diese trifft auf das Gargut, wird absorbiert und regt die Moleküle an der Oberfläche zum Schwingen an, wodurch eine Erwärmung stattfindet [Wegner 2000].

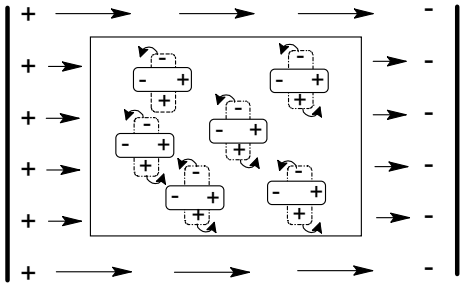
**Mikrowellenstrahlung**

Mikrowellen sind ebenso wie Wärmestrahlung elektromagnetische Wellen. Ihre Frequenz liegt für Haushaltszwecke bei 2450 MHz. Mikrowellen dringen in das Gargut ein, versetzen vor allem die Wassermoleküle in Schwingungen und die dabei entstehende Reibungswärme erhitzt das Lebensmittel.

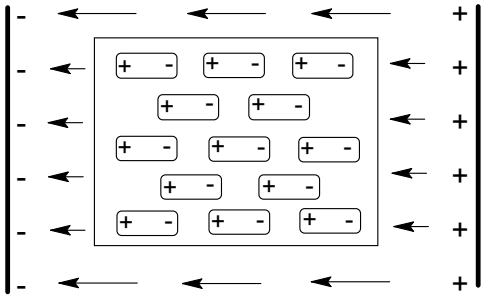
Die Wirkung der Mikrowelle beruht darauf, dass ein elektrisches Feld auf Ladungen Kräfte ausübt, welche eine Polarisierung elektrisch neutraler Moleküle im Gargut bewirken. Es bilden sich dabei Dipole (z. B. durch Ladungsverschiebung) oder vorhandene Dipole (z. B. Wassermoleküle) orientieren sich in Richtung des elektrischen Feldes, wie es z. B. zwischen zwei Kondensatorplatten entsteht. Die positiv geladene Seite des Moleküls wird dabei von der negativen Kondensatorplatte angezogen, die negative Seite von der positiven Platte. Kehrt sich das elektrische Feld um, drehen sich die Moleküle mit. Mikrowellen erzeugen ein elektrisches Wechselfeld. Die daraus resultierende ständige Drehung der Moleküle erzeugt die oben erwähnte Reibungswärme (siehe Abb. 2-1) [Pichert 1995; Wegner 2000].



**a) ungeordnete Lage der Moleküle im Gargut**



**b) Drehung der Moleküle nach Anlegen eines elektrischen Feldes**



**c) vollständige Ausrichtung der Moleküle**

**Abb. 2-1: Polarisation von Molekülen in einem elektrischen Feld [modifiziert nach Wegner 2000]**

Die Intensität der Wärmeentwicklung ist von mehreren Faktoren abhängig: Die *Stärke des Mikrowellenfeldes* wird von der Ausgangsleistung des Gerätes bestimmt. Sie beeinflusst die elektrische Feldstärke und somit die Kraft, die auf die Dipole einwirkt. Die Ausgangsleistung der heutigen Haushaltsgeräte liegt zwischen 600 und 1000 W.

Die *Frequenz der Mikrowellen* beeinflusst die Häufigkeit, mit der die Dipole im Gargut pro Sekunde bewegt werden. Sie ist bei Haushaltsmikrowellengeräten mit 2450 MHz fest vorgegeben.

Von großer Bedeutung sind die Eigenschaften des Gargutes, welche durch seine *Permittivität* und seinen *Verlustfaktor* gekennzeichnet sind. Die *Permittivitätzahl* (früher: Dielektrizitätszahl) macht eine Aussage über die Möglich-

keit, das Molekül überhaupt zu polarisieren. Je größer die *Permittivitätzahl* eines Lebensmittels ist, desto besser lässt es sich in der Mikrowelle erwärmen.

Der *Verlustfaktor* ist ein Maß für die Fähigkeit der Dipole, dem schnellen Wechsel des anliegenden elektrischen Feldes zu folgen. Je größer der Widerstand ist, den die Moleküle gegen die Drehbewegung aufbringen, desto größer ist der Verlustfaktor und somit auch die Erwärmung.

Das Produkt aus Permittivitätszahl und Verlustfaktor ergibt den *Erwärmungsfaktor*. Je größer dieser ist, desto besser ist das Lebensmittel bzw. der Stoff allgemein für die Erwärmung in der Mikrowelle geeignet.

Beim Eindringen der Mikrowellen in das Gargut wird ein Teil ihrer Energie in Wärme umgesetzt, wodurch sich die Mikrowelle abschwächt. Um einen in der Praxis vergleichbaren Wert für die Abschwächung zu haben, wird der Begriff der *Eindringtiefe* definiert. Dies ist diejenige Tiefe, bei der die Stärke der Mikrowellenenergie wie sie an der Oberfläche des Gargutes vorhanden ist, auf 37 % ihres ursprünglichen Wertes abgeschwächt vorliegt. Je größer der Erwärmungsfaktor ist, um so stärker wird die Mikrowellenenergie bereits in den äußeren Schichten des Gargutes absorbiert und in Wärme umgewandelt, so dass die Eindringtiefe klein ist [Pichert 1995; HEA 1999; Wegner 2000].

**Auftauen von Tiefkühlprodukten**

Die Permittivitätszahl und somit auch der Erwärmungsfaktor von Wasser sind temperaturabhängig (siehe Abbildungen 2-2 und 2-3). Beim Auftauen gefrorener wasserhaltiger Lebensmittel ist die Wärmeleistung aufgrund der niedrigen Permittivitätszahl erst klein und die Eindringtiefe groß. Beim Übergang von Eis zu Wasser erhöht sich die Permittivitätszahl sprunghaft, infolgedessen auch der Erwärmungsfaktor, wodurch die Eindringtiefe letztendlich abnimmt. Da die Wärmeverteilung innerhalb des Gargutes nie gleich ist, ist das Wasser an einigen Stellen schon flüssig, so dass durch den höheren Erwärmungsfaktor lokal höhere Temperaturen auftreten, während andere Bereiche noch gefroren sind. Da aber im gesamten Lebensmittel eine gleichmäßige Temperatur herrschen soll, ist es notwendig, eine ausreichende Zeit für den Temperaturausgleich zu berücksichtigen [HEA 1999].

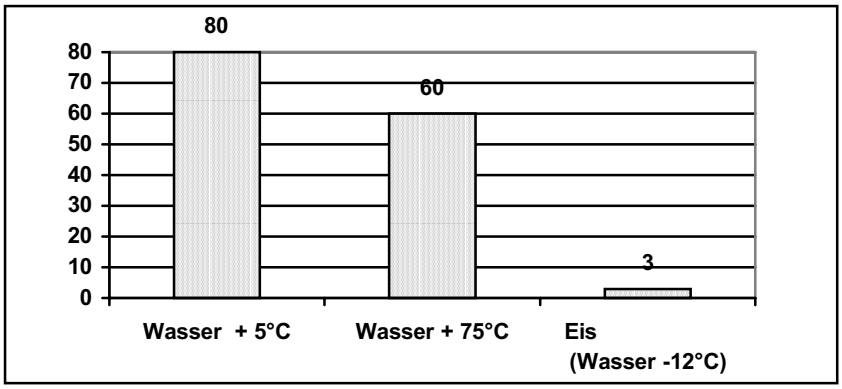



**Abb. 2-2: Permittivitätszahl von Wasser bzw. Eis in Abhängigkeit der Temperatur [modifiziert nach HEA 1999]**

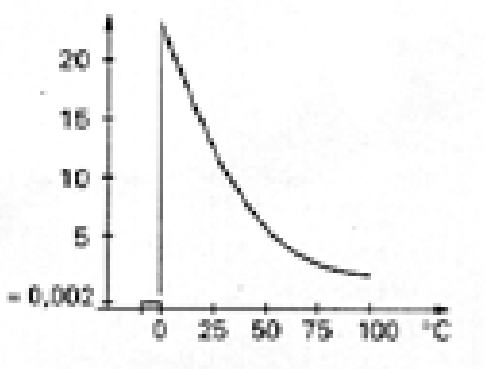



**Abb. 2-3: Erwärmungsfaktor von Wasser bzw. Eis in Abhängigkeit der Temperatur [HEA 1999, S. 8]**

Die Wärmeverteilung kann in durch Mikrowellen gegarten Lebensmitteln generell sehr ungleichmäßig sein. Dies resultiert aus der Tatsache, dass die Mikrowellenstrahlung, im Gegensatz zur Wärmestrahlung, nicht bereits an der Oberfläche des Garguts in Wärme umgewandelt wird, sondern erst in das Stoffinnere eindringt und dabei abgeschwächt wird. Erst durch Wärmeleitung wird ein allmählicher Ausgleich geschaffen. Dies ist vor allem bei einer großen Mikrowellenleistung der Fall, da hier der Temperaturanstieg rasch erfolgt und die Zeit für den Temperaturausgleich nur sehr kurz ist.
Weitere Gründe für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung können u. a. der inhomogenen Stoffaufbau des Gargutes und seine komplizierte äußere Form sein [Pichert 1995].

### 2.1.3 Einteilung der Garverfahren

Die einzelnen Garverfahren lassen sich durch die **Art des Garmediums** in Verfahren mittels feuchter Hitze und solche mittels trockener Hitze unterteilen.

Bei den *feuchten Garverfahren* ist Wasser bzw. die Garflüssigkeit oder Dampf das wärmeübertragende Medium. Die Wärme wird dabei v. a. in Form von Konvektion auf das Lebensmittel übertragen. Die Temperatur kann dabei zwischen 70 und 100 °C bei Normaldruck und bis zu 123 °C bei Überdruck liegen [Pichert 1981; AID 1998].

Bei den *trockenen Garverfahren* wird die Wärme über Luft, Fett oder Kontakt auf das Gargut übertragen. Hierbei können wesentlich höhere Temperaturen entstehen [Zobel 1992].

Die unterschiedlichen Formen der Wärmeübertragung (siehe 2.1.2) treten beim Garen meist nicht isoliert auf, sondern wechseln sich auf dem Weg von der Energiequelle bis zum Gargut ab oder liegen in Kombination vor [Tilgner 1974, Zobel 1992; Wegner 2000].

Im folgenden werden die im Rahmen dieser Arbeit angewendeten Garverfahren noch einmal näher definiert. Eine Zusammenfassung der einzelnen Merkmale der Garverfahren beinhaltet die Tabelle A-2 im Anhang.

**Kochen**

Als Kochen wird das Garen in viel siedender Flüssigkeit bei Temperaturen um 100 °C verstanden. Das Gargut ist dabei vollständig mit Wasser bedeckt. Der Energietransport erfolgt mittels Konvektion [Zobel 1992; AID 1998].

**Dünsten**

Garen mit geringer Wasserzugabe unter teilweiser Bedeckung des Gargutes. Es handelt sich um ein Mischverfahren, bei dem die unteren Teile des Gargutes gekocht und die oberen gedämpft werden [Zobel 1992].

**Dämpfen**

Dämpfen ist Garen im Wasserdampf, welcher von allen Seiten auf das Gargut einwirkt. Gargut und Flüssigkeit sind dabei voneinander getrennt. Die Temperatur beträgt etwa 100 °C [AID 1998].

**Druckdämpfen**

Beim Garen unter Druck werden Lebensmittel bei einem Absolutdruck von etwa 0,15 bis 0,22 MPa[1] gegart. Die zugehörigen Siedetemperaturen des Sattdampfes betragen bis zu 123 °C [Pichert 1981; VDI 1991].

Beim Druckdämpfen ist das Gargut von der Garflüssigkeit getrennt und wird im Wasserdampf gegart [AID 1998].

**Mikrowelle**

Das Verfahren wird bereits unter 2.1.2 ausführlich erläutert.

Die Veränderungen der Lebensmittel beim Garen in der Mikrowelle können mit denen der feuchten Garverfahren (z. B. Kochen und Dämpfen) verglichen werden [Zobel 1992; Grüner 2000].

[1] Die in der Originalquelle in bar angegeben Drücke sind in Pascal umgerechnet worden, da dies der gültigen SI-Einheit entspricht [DIN 1301 1993].

## *2.2 Gemüse*

### 2.2.1 Definition und Einteilung

Unter Gemüse werden im allgemeinen alle einjährigen Pflanzen bzw. Teile davon verstanden, die roh oder verarbeitet der menschlichen Ernährung dienen.
Es werden folgende Gruppen unterschieden:
Wurzelgemüse (z. B. Karotte),
Zwiebelgemüse (z. B. Zwiebel),
Knollengemüse (z. B. Kartoffel),
Stängelgemüse (z. B. Spargel),
Blattstielgemüse (z. B. Rhabarber),
Blattgemüse (z. B. Spinat),
Blütengemüse (z. B. Broccoli) und
Fruchtgemüse (z. B. Paprika) [Römpp 1995].

Für die Garversuche in dieser Arbeit werden, aufgrund der unter Kap. 3.1 dargelegten Gründe, die im folgenden beschriebenen Gemüse verwendet. Eine detaillierte Übersicht über ihre Inhaltstoffe enthält Tabelle A-1 im Anhang:

### 2.2.2 Broccoli (Brassica oleracea convar. botrytis var. italica)

Der Broccoli gehört, wie viele Kohlarten, zur Familie der Kreuzblütler (Cruciferae, Brassicaceae). Bei den Teilen, die vom Menschen verzehrt werden handelt es sich um die Blütenstände, welche stets vor Entfaltung der Blüten genutzt werden. Er ist eine ontogenetische Fortentwicklung des Blumenkohls, jedoch schreitet seine Infloreszenzbildung[2] weiter voran, bevor er geerntet wird. Die fleischigen Blütenstandsachsen lassen sich wie Spargel zubereiten [Franke 1997; Teubner 2001].
Die Aromastoffe der Kohlarten sind meist schwefelhaltig. Flüchtige Stoffe, wie z. B. eine Reihe von Isothiocyanaten (Senföle) und Sulfiden, treten erst beim Beschädigen (z. B. Zerkleinern) oder Erhitzen (Garen) der Pflanzen auf.

[2] Infloreszenz =Blütenstand

Die flüchtigen Aromastoffe entstehen aus Vorstufen. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die Glucosinolate (Senfölglucoside) [Herrmann 1992b].
Das typische Aroma von gekochtem Broccoli wird durch 4-Methylthiobutyl-isothiocyanat, 2-Phenylethylthiocyanat und 2-Phenylethylcyanid verursacht [Belitz 2001].

### 2.2.3 Karotte (Daucus carota ssp. sativus)

Die Karotte ist ein Wurzelgemüse und gehört zur Familie der Doldenblütler. Aufgrund ihres relativ hohen Zuckeranteils von bis zu 8 %, hat sie einen süßlichen Geschmack [Ternes 1990; Franke 1997; Teubner 2001].
Die Färbung frischer roter Karotten wird fast ausschließlich durch ζ- und η-Carotin hervorgerufen [Herrmann 1992c].
Für das Karotten-Aroma ist wahrscheinlich das 2-sec-Butyl-3-methoxypyrazin von Bedeutung [Herrmann 1992a].

### 2.2.4 Kartoffel (Solanum tuberosum)

Bei der Kartoffel handelt es sich um die verdickten Teile von unterirdischen Sprossen der Kartoffelpflanze. Für die menschliche Ernährung ist sie aufgrund ihres hohen Stärkegehalts und ihres biologisch hochwertigen Eiweißes von Bedeutung. Ihr Gehalt an Vitamin C ist im Vergleich zu anderen Früchten und Gemüsen zwar gering, aufgrund ihrer hohen Verzehrsmenge trägt die Kartoffel jedoch im hohen Maß zur Vitamin C–Versorgung bei [Bässler 1997; Franke 1997; Teubner 2001].
Das typische Aroma gekochter Kartoffeln wird vor allem durch die Verbindungen 3-Isobutyl-2-methoxypyrazin und 2,3 Diethyl-5-methylpyrazin hervorgerufen [Belitz 2001].
Für die Farbe der Kartoffel sind neben den Carotinoiden die phenolischen Inhaltstoffe verantwortlich. Der Farbwechsel von hellgelb zu sattgelb beim Kochen wird auf die Salzbildung von Flavonen mit Kupfer- und Magnesiumionen zurückgeführt [Ternes 1996].

### 2.2.5 Gemüsepaprika (Capsicum annuum var. annuum)

Die Gemüsepaprika[3] ist im Gegensatz zur Gewürzpaprika praktisch frei von Capsaicin, welches die Schärfe verursacht [Römpp 1995; Teubner 2001].
Die Paprika zählt zu den Fruchtgemüsen. Hierunter sind Früchte zu verstehen, welche nicht wie Obst im allgemeinen roh verzehrt, sondern unreif geerntet und gegart verzehrt werden. Botanisch gesehen ist die Paprika eine Beere [Franke 1997].
Das Hauptpigment der roten Paprika ist das Capsanthin, während seine grüne Färbung durch die Gegenwart von Chlorophyll verursacht wird [Herrmann 1992c; Römpp 1995].

### 2.2.6 Die Herstellung von TK-Gemüse

Für die Produktion von TK-Gemüse darf nur einwandfreie Rohware verwendet werden. Nach der Ernte muss das Gemüse sofort zu Tiefkühlprodukten weiterverarbeitet werden, um negative Veränderungen durch Lagerung zu vermeiden. So kann z. B. der Vitamin C-Gehalt in Gemüse bei einer 3 tägigen Lagerung bei 20 °C um 50 % abnehmen [Spieß 1984; Hötzel 1992; Herrmann 1996].
Die meisten Gemüsearten werden vor dem Tiefgefrieren blanchiert. Hierbei handelt es sich um ein kurzzeitiges Vorbrühen oder Vorkochen mit einem sogenannten Blanchiermedium (Wasser, Wasserdampf oder wasserdampfgesättigte Warmluft). Nur bei wenigen Gemüsearten wird auf das Blanchieren verzichtet, wie z. B. Paprika oder Porree [Herrmann 1996; Oruña-Concha 1997].
Ziel des Blanchierens ist, pflanzeneigene Enzyme zu inaktivieren, welche negative Einflüsse auf Farbe, Geschmack, Aroma, Textur und Vitamingehalt haben. Unblanchiertes Gemüse sollte nur kurze Zeit tiefgekühlt gelagert werden. Zu diesen Enzymen gehört die Lipoxygenase, die z. B. in Erbsen und Bohnen zu einem ranzigen Geschmack durch die Oxidation von Lipiden führt und die Oxidation von $\eta$-Carotin und Chlorophyllen fördert. Die Ascorbinsäureoxidase kann zu erheblichen Vitamin C-Verlusten führen. Als Indikatorenzym für ausreichendes Blanchieren wird häufig die Peroxidase verwendet, da

[3] Im Folgenden wird die hier verwendete Gemüsepaprika als Paprika bezeichnet.

es sich hierbei um das hitzestabilste Enzym handelt, welches in Pflanzen vorkommt [Spieß 1984; Williams 1986; Halpin 1987; Murcia 2000].

Das Blanchieren bringt auch negative Effekte mit sich, die ihrerseits wiederum aus Veränderungen in Textur und Geschmack (Entstehen eines Kochgeschmacks) sowie dem Verlust an wasserlöslichen Substanzen bestehen können. Weiterhin führt das Blanchieren von Gemüse zu Veränderungen und Zerstörungen von Zellsubstanzen, wie z. B. dem Zerreißen der Zellmembran, welche sich bei empfindlichen Arten durch eine weiche bis schwammige Konsistenz nach dem Auftauen äußern kann. Beim Blanchieren muss also zwischen der Inaktivierung schädlicher Enzyme und unerwünschten Veränderungen abgewogen werden [Cano 1996; Herrmann 1996; Timm 1996].

Die durch das Blanchieren entstehenden Nährstoffverluste können zum Teil durch kürzere Zubereitungszeiten im Vergleich zu frischer Ware wieder ausgeglichen werden [Hötzel 1992].

Je nach Wahl der Blanchiermethode können die dabei entstehenden Verluste unterschiedlich hoch sein. Nach einer dreimonatigen Lagerung bei –18 °C enthält unblanchierter Spinat z. B. nur noch 44 % seines ursprünglichen Vitamin C-Gehalts, während konventionell blanchierter noch 51 % und mikrowellenblanchierter sogar noch 63 % aufweist [Bognár 1987].

Nach dem Blanchieren muss das Gemüse schnell abgekühlt werden (z. B. durch einen kalten Luftstrom), um Wertminderungen (Farbe, Aroma, Vitamingehalt) zu vermeiden [Herrmann 1996].

Hohe Gefriergeschwindigkeiten, wie sie in der Industrie eingesetzt werden, haben einen positiven Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften (Aroma, Geschmack, Textur) des Produkts. Ein langsames Gefrieren von pflanzlichem Gewebe führt zum Zerreißen der lipoproteinhaltigen Zellmembran, wodurch das Gemüse nach dem Auftauen weicher als vor dem Einfrieren ist [Heiss 1994].

## *2.3 Sensorische Qualität von Lebensmitteln*

### 2.3.1 Definition

Die sensorische Qualität eines Lebensmittels ist mit seinem Genusswert gleichzusetzen. Es ist der Teil der Lebensmittelqualität, der mit den menschlichen Sinnen erfasst werden kann. Die sensorische Qualität wird beeinflusst durch die Ausprägung der Merkmale Farbe, Form, Geruch, Geschmack und Konsistenz. In Abhängigkeit des jeweiligen Lebensmittels können diese Merkmale auch noch genauer spezifiziert werden [Zacharias 1992; DIN 10950-1 1999].

### 2.3.2 Grundlagen der sensorischen Analyse

Der Begriff „Sensorik“ leitet sich vom lateinischen Sensus = der Sinn ab. Die DIN 10950-1 definiert Sensorik als Wissenschaft vom Einsatz menschlicher Sinnesorgane zu Prüf- und Messzwecken. Die menschlichen Sinne dienen praktisch als Messinstrument zur Ermittlung der „Qualität“ eines Lebensmittels. Die menschliche Sinneswahrnehmung kann aber sehr verschieden sein, was zu einer sehr subjektiven Bewertung führt. Durch die Entwicklung sensorischer Prüfverfahren, die Vereinheitlichung von Begriffen und Methoden sowie die Anwendung statistischer Verfahren zur Auswertung von sensorischen Ergebnissen ist es möglich, die sensorische Beurteilung zu objektivieren und somit wissenschaftlich exakte Ergebnisse zu liefern [Fricker 1984; DIN 10950-1 1999].

Ihren Ursprung hat die Lebensmittelsensorik in den 40er Jahren in den skandinavischen Ländern. In Deutschland wird 1967 innerhalb des Deutschen Instituts für Normung (DIN) der Arbeitsausschuss „Sensorik“ gegründet [Fliedner 1993]. Seitdem sind eine Reihe von Normen erstellt worden. Neben den Normen, die die einzelnen sensorischen Prüfverfahren beschreiben, gibt es auch allgemeine Normen, z. B. zu den Begriffen (DIN 10950-1) und Grundlagen (DIN 10950-2) der sensorischen Prüfung, der Schulung von Prüfpersonen (DIN 10961) sowie zu den Anforderungen an Prüfräume (DIN 10962), welche bei der Durchführung von sensorischen Prüfungen beachtet werden müssen [DIN 10961 1996; DIN 10962 1997; DIN 10950-1 1999; DIN 10950-2 2000].

### 2.3.3 Sensorische Prüfung mit Skale

Bei der bewertenden Prüfung mit Skale werden mit Hilfe einer Ordinal-Skale verschiedene für die Charakterisierung der Produktqualität zu berücksichtigende Produktmerkmale bewertet [DIN 10952-2 1983]. Dies dient z. B. dazu, den Einfluss unterschiedlicher Rohwaren, Erzeugung, Verarbeitung, Behandlung, Verpackung und Lagerung zu beurteilen.

Bei der Prüfung werden den Testern die Proben einzeln oder gleichzeitig in beliebiger Reihenfolge oder nach einem Prüfplan vorgelegt. Die Prüfgefäße sollen dabei für alle Proben identisch sein, ebenso wie die Zubereitung, die Probenmenge und die Temperatur.

Die Prüfpersonen müssen über den Prüfzweck unterrichtet sein. Es ist sicherzustellen, dass die zu prüfenden Merkmale beschrieben werden oder bekannt sind [DIN 10952-1 1978].

Das Bewertungsschema umfasst die Prüfskale, die für die Produktqualität maßgebenden Merkmale bzw. Merkmalseigenschaften und die Zuordnung der Merkmalsausprägungen zu den Punkten der Prüfskale. Dabei hat die Zuordnung der Merkmalsausprägungen zu den Punkten so zu erfolgen, dass die jeweilig entsprechenden Qualitätsstufen der berücksichtigten Merkmale dieselbe Punktzahl erhalten.

Aufbau und Umfang der Prüfskale

Der Aufbau der Prüfskale ist entsprechend dem Prinzip der Ordinal-Skale folgendermaßen festgelegt:

- Die Zahlenwerte der Skale steigen mit zunehmender Qualität an.
- Die Skale weist ganze Zahlen auf.
- Die Punkte der Skale geben Bereiche wieder, also keine festen Punkte und sind Klassenmitten im mathematischen Sinn.
- Der Umfang der Skale ist dem Prüfzweck angepasst.

Kriterien für die Festlegung des Skalenumfangs sind:

- Symmetrische Dreiteilung der Skale.
- Mögliche Differenzierbarkeit der einzelnen Merkmale.
- Beabsichtigte Prüfungsaussage.

Die Kriterien sind bei einem Skalenumfang von 9 (k = 9) Punkten erfüllt. Je nach Prüfzweck bieten sich aber auch Skalen mit $k$ = 6 und $k$ = 3 an. Die Punkte sind durchnummeriert von 1 bis $k$ oder von 0 bis $k$ – 1.

Merkmale und Merkmalseigenschaften

Merkmale sind z. B. Farbe, Form, Geruch, Geschmack und Textur. Merkmalseigenschaften sind Teilkomponenten der Merkmale, wie z. B. Süße beim Geschmack. Die Ausprägung ist die Intensität einer Merkmalseigenschaft, die sowohl positiv als auch negativ in die Bewertung eingehen kann. Die Ausprägung der Merkmale bzw. ihrer Eigenschaften wird in drei Qualitätsbereichen den Qualitätsanforderungen „erfüllt“, „bedingt erfüllt“ und nicht „erfüllt“ zugeordnet [DIN 10 952-2 1983].

Der Zusammenhang zwischen den Skalenbereichen und der Qualität ist zur besseren Übersicht in Tabelle 2-1 dargestellt:

**Tab. 2-1: Zusammenhang zwischen Skalenbereich und Qualität [Fliedner 1993]**

| Skalenbereiche | | | Qualitäts-anforderungen | Merkmals-eigenschaften | Qualitäts-bereiche |
|---|---|---|---|---|---|
| k = 9 | k = 6 | k = 3 | | | |
| 9<br>8<br>7 | 6<br>5 | 3 | erfüllt | erwünscht | hohe Qualität |
| 6<br>5<br>4 | 4<br>3 | 2 | bedingt erfüllt | tolerierbar | mittlere Qualität |
| 3<br>2<br>1 | 2<br>1 | 1 | nicht erfüllt | unerwünscht | unzureichende Qualität |

**Arten des Bewertungsschemas**

Bei den Bewertungsschemata lässt sich zwischen den unspezifischen und den spezifischen Bewertungsschemata unterscheiden:

Das unspezifische Bewertungsschema ist produktunabhängig und hat für alle Kriterien allgemeingültige Beschreibungen, welche den entsprechenden Noten zugeordnet werden. Es dient als Grundlage zur Erstellung von spezifischen Bewertungsschemata.

Das spezifische Bewertungsschema ist produktbezogen und hat für alle Kriterien produktspezifische Beschreibungen, welche den entsprechenden Noten zugeordnet werden. Es erfordert hinreichende Kenntnisse des jeweiligen

Produktes, einschließlich seiner möglichen Veränderungen [DIN 10952-2 1983; Fliedner 1993].

**Auswertung**

Für die statistische Auswertung werden aus den Einzelnoten für jedes Merkmal Häufigkeitsverteilungen erstellt und die Durchschnittswerte berechnet. Der entsprechende Mittelwert für Daten auf Niveau einer Ordinal-Skale ist der Median oder Zentralwert [Köhler 1995; Bracher-Schrödl 1997; Lawless 1998]. Als statistische Auswertungsverfahren können z. B. Ranganalyse, Friedman-Test und die Varianzanalyse verwendet werden [DIN 10952-1 1978; Bracher-Schrödl 1997].

### 2.3.4 Ausgewählte Einflüsse auf die sensorische Qualität beim Garen von Gemüse

#### 2.3.4.1 Veränderung der Textur

Das Weichwerden von Gemüse beim Garen ist das Ergebnis verschiedener Vorgänge, die beim Garen im Pflanzengewebe ablaufen.

So führt das Erhitzen zu einer Denaturierung der Proteine, was die Zerstörung von Zellorganellen und eine Vergrößerung der Interzellurarräume bewirkt, in die dann Salze und Flüssigkeiten aus dem Zellinneren diffundieren können. Durch die Denaturierung der Membranproteine wird die Zellmembran für Wasser durchlässig, so dass Garflüssigkeit in die Zelle eindringen kann. Die Zerstörung der Zellmembran bewirkt weiterhin den Verlust des Zellturgors [Greve 1994a ;Ternes 1996; Schwedt 1999].

Die pflanzliche Zellwand ist hauptsächlich aus Cellulose, Hemicellulose, Lignin und Pektin aufgebaut. Die Hauptkomponente der Mittellamelle besteht vor allem aus Pektin, welches die wichtigste Gerüstsubstanz essbarer Pflanzen darstellt. Zum Teil liegt es als unlösliches Protopektin vor, dabei sind die Pektinketten sowohl durch chemische Bindungen untereinander als auch mit anderen Gerüstsubstanzen der Zellwand verknüpft. Beim Garen von Gemüse wird das unlösliche Protopektin (Ca-Pektat) durch Verlust von Ca-Ionen in lösliches Pektin überführt, wodurch eine Auflösung der Bindungen zwischen den Pektinen untereinander und den Cellulosen und Hemicellulosen auftritt, was zu einer Aufweichung des Gewebes führt. Weiterhin gehen

Hemicellulosen in Lösung, während sich die Cellulose in der Zellwand weitgehend inert verhält [Greve 1994b; Ternes 1996; Kunzek 1999; Schwedt 1999].
Durch die Verkleisterung der Stärke tritt bei Kartoffeln eine Veränderung der Zellwandstruktur von kantig zu rund ein [Schwedt 1999].

#### 2.3.4.2 Veränderung der farbgebenden Inhaltsstoffe

**Chlorophylle**

Die grüne Farbe unreifer Früchte und Blätter wird durch die Chlorophylle a (blaugrün) und b (gelbgrün) hervorgerufen, die in den Chloroplasten der grünen Pflanzenteile mit den Carotinoiden an einem Lipoprotein-Träger als Chloroplastin gebunden verkommen [Römpp 1995; Belitz 2001].
Die Chlorophylle ähneln in ihrem Aufbau dem Hämoglobin. Sie bestehen aus einem Porphyrinringsystem, in dem vier Pyrrolringe durch Methingruppen miteinander verbunden sind und in dessen Zentrum ein Magnesiumatom komplex gebunden ist [Nultsch 1991].
Aufgrund des Phytolrestes sind die Chlorophylle lipophil. Beim Erhitzen spaltet sich das Magnesium ab und die Chlorophylle gehen in die ebenfalls lipophilen Phäophytine a und b über, welche olivgrün/braun gefärbt sind. Bei einer Abspaltung des Phytols durch das Enzym Chlorophyllase entstehen aus den Chlorophyllen die hydrophilen Chlorophyllide (grün), wodurch die verdeckten Carotinoide zum Teil sichtbar werden. Wird von den Chlorophylliden zusätzlich das Magnesiumatom abgespalten bzw. das Phytol von den Phäophytinen bilden sich die hydrophilen Phäophorbide (olivbraun). Bei Temperaturen über 100 °C entstehen zusätzlich Pyrochlorophyll und Pyrophäophytine [Ternes 1996; Belitz 2001].
Da die Konsumenten die leuchtend grüne Farbe der Chlorophylle präferieren, ist es wichtig, entsprechende Methoden der Hitzebehandlung zu finden, welche diese weitgehend erhalten [Chen 1993].
Kürzere Zeiten und höhere Temperaturen beim Erhitzen führen zu einer besseren Farberhaltung. Der Blanchierprozess, z. B. vor dem Tiefgefrieren von Gemüse, führt zu einer Inaktivierung der Chlorophyllase, die bei Temperaturen um 75 °C ihr Aktivitätsmaximum aufweist. Durch das Blanchieren verlieren außerdem die Zellwände ihre Starrheit, wodurch die Ausdehnung der

Interzellularräume verringert wird. Daraus resultiert eine Gewebsverdichtung, die eine Farbintensivierung hervorruft [Ternes 1996; Belitz 2001].

**Carotinoide**

Die Carotinoide lassen sich in die Carotine (z. B. Lycopin, η-Carotin), bei denen es sich um reine Polyen-Kohlenwasserstoffe handelt und die Xantophylle (z. B. Lutein, Capsanthin), die auch Sauerstofffunktionen (Hydroxy-, Epoxy-, Oxo-Gruppen) aufweisen, unterteilen [Ternes 1996; Belitz 2001].

In Anwesenheit von Sauerstoff und Licht werden die Carotinoide schnell oxidiert, woraus v. a. die Farbveränderung bei Paprika- und Tomatentrockenprodukten resultiert. Ein Farbumschlag von rot zu braun bei der Lagerung von Paprikapulver wird neben der Maillard-Reaktion durch eine Oxidation des Capsanthins hervorgerufen [Römpp 1995; Belitz 2001].

Die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Erhaltung von Chlorophyllen und Carotinoiden beim Garen sind die Temperatur und die Dauer der Hitzebehandlung [Chen 1993].

#### 2.3.4.3 Veränderung der aromagebenden Inhaltsstoffe

Die Aromastoffe gehören zu den wertbestimmenden Inhaltsstoffen der Gemüse. Pflanzeneigene Enzyme, aber auch thermische Einflüsse oder die Einwirkung von Licht und Sauerstoff, können zur Bildung typischer Aromastoffe bei der Verarbeitung von Gemüse führen bzw. auch Aromaverluste oder Fehlaromen verursachen [Ternes 1996; Belitz 2002]. Auf die Hauptaromastoffe der hier untersuchten Gemüse wird bereits in Kapitel 2.2 näher eingegangen.

## *2.4 Ernährungsphysiologische Qualität von Lebensmitteln*

### 2.4.1 Definition

Die ernährungsphysiologische Qualität bzw. der Gesundheitswert eines Lebensmittels wird u. a. bestimmt durch den Gehalt an Nährstoffen, wie z. B. Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente [Zacharias 1992].

### 2.4.2 Vitamin C

#### 2.4.2.1 Struktur und chemische Eigenschaften

Unter Vitamin C werden die Verbindungen L-Ascorbinsäure (AS), dessen Monoanion Ascorbat sowie die als Zwischenform auftretende Semidehydro-L-Ascorbinsäure (SAS) und die Dehydro-L-Ascorbinsäure (DAS) zusammengefasst. Chemisch gesehen ist die L-Ascorbinsäure die 2,3-Enolform des 2-Oxo- oder 3-Oxo-L-gulonsäure-1,4-lactons, welches aus D-Glucose über Zwischenstufen gebildet wird. Im physiologischen pH-Bereich liegt die Ascorbinsäure in Form von L-Ascorbat vor [Friedrich 1987; Gaßmann 1998; Davey 2000].

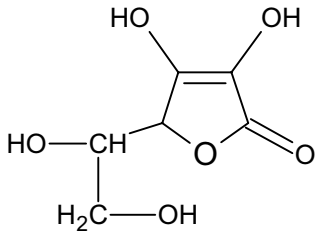



**Abb. 2-4: Ascorbinsäure**

Die AS ist in trockener Form stabil, oxidiert aber sehr schnell, wenn sie in gelöster Form vorliegt, vor allem in der Gegenwart von Kupfer, Eisen und im alkalischen pH-Bereich. Das erste Oxidationsprodukt ist SAS, welches in vivo wieder zu AS reduziert oder weiter zu DAS oxidiert werden kann. DAS selbst ist instabil und verwandelt sich in wässrigen Lösungen durch eine hydrolytische irreversible Ringspaltung in 2,3 Dioxo-L-Gulonsäure. Durch Reduktionsmittel und Glutathiondehydrogenase kann DAS auch wieder zu AS reduziert werden. Die Oxidation von AS und Hydrolyse von DAS wird durch Faktoren wie Temperatur, Licht, Anwesenheit von Metallen und den pH-Wert beeinflusst [Friedrich 1987; Eitenmiller 1999; Davey 2000].

#### 2.4.2.2 Vorkommen und Verfügbarkeit

Vitamin C kommt vor allem in Obst und Gemüse vor. Hohe Gehalte besitzen beispielsweise Hagebutten (1250 mg/100 g), schwarze Johannisbeeren (177 mg/100 g), Paprika (140 mg/100 g), Rosenkohl (112 mg/100 g) und Broccoli (110 mg/100 g) [Elmadfa 2000].

Über die Verfügbarkeit von Vitamin C in Lebensmitteln gibt es wenige Daten. Möglicherweise können Lebensmittelbestandteile wie z. B. Glucose die Vitamin C Absorption behindern [Levine 1999].

Eine Studie in 1993 hat ergeben, dass die Verfügbarkeit von Vitamin C als Tabletten, in Orangensaft, in Orangenfilets und gekochtem Broccoli identisch ist, während sie in rohem Broccoli um 20 % niedriger liegt [Mangels 1993].

#### 2.4.2.3 Eigenschaften und Funktionen

Vitamin C wird in der Pflanze im Cytosol gebildet und von dort in die Chloroplasten, die Vakuole und den Apoplasten transportiert [Rautenkranz 1994]. Seine biochemischen Eigenschaften lassen sich in vier Kategorien einteilen. Es wirkt als Antioxidans, Cofaktor für Enzyme und ist als Elektronendonator an der Photosynthese und an der Synthese von Oxalat beteiligt. In der Pflanze hat es somit z. B. eine wichtige Bedeutung für die Photosynthese und die Abwehr von oxidativem Stress [Smirnoff 1996].

Auch im menschlichen Körper ist Vitamin C an vielen Reaktionen beteiligt. So regeneriert die L-Ascorbinsäure z. B. Tocopherol-Radikale, die bei der Reaktion von Tocopherol mit membranständigen Sauerstoffradikalen entstehen, vermindert die Lipidoxidation und schützt die DNA vor oxidativen Schäden [Niki 1982; Weber 2002].

Weiterhin ist Vitamin C am Elektronentransfer von Hydroxylierungsreaktionen beteiligt, die unter anderem bei der Kollagenbiosynthese und der Synthese von Neurotransmittern ablaufen [Weber 2002].

#### 2.4.2.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme

Die Zufuhrempfehlung für Vitamin C beträgt für weibliche und männliche Jugendliche und Erwachsene aller Alterstufen 100 mg pro Tag. Raucher sollten 150 mg pro Tag aufnehmen. Bei Schwangeren ab dem 4. Monat und Stillenden werden 110 bzw. 150 mg pro Tag empfohlen [DGE 2000].

Im Durchschnitt wird in Deutschland die Zufuhrempfehlung in allen Altersgruppen erreicht. Bestimmte Lebensumstände, wie z. B. starke körperliche Beanspruchung, psychischer Stress, Rauchen sowie Alkohol- und Arzneimittelmissbrauch können den Vitamin C-Bedarf erhöhen [Ernährungsbericht 2000].

#### 2.4.2.5 Veränderungen bei der Lebensmittelzubereitung

Das wasserlösliche Vitamin C ist neben dem Thiamin eines der empfindlichsten Vitamine. Aus diesem Grund wird es auch häufig verwendet, um die Einflüsse eines Verarbeitungsschrittes auf den Vitamingehalt im Lebensmittel zu beurteilen. Hohe Verluste können bereits bei der Lagerung von Lebensmitteln bei Zimmer- oder Kühlschranktemperaturen auftreten [Zacharias 1977; Bognár 1989].

Am besten geschützt ist Vitamin C während der Tiefkühllagerung, auch wenn durch das vorhergehende Blanchieren Verluste von 20 bis 30 % auftreten können. Die mittleren Vitamin C Verluste nach einer neun- bis zwölfmonatigen Lagerung zwischen –20 und –25 °C liegen bei etwa 10 % des nach dem Blanchieren enthaltenen Vitamin C [Spieß 1984; Herrmann 1996].

Bei grünen Bohnen sind Verluste von 17 %, bei Broccoli sogar von 40 % beim Blanchieren beobachtet worden, während es bei der anschließenden Tiefkühllagerung innerhalb von 16 Wochen zu keinen Veränderungen mehr gekommen ist. Die großen Verluste bei Broccoli werden dabei auf seine große Oberfläche und deren Kontakt mit dem heißen Wasser während des Blanchiervorgangs zurückgeführt [Wu 1992].

Die Vitamin C-Gehalte in TK-Gemüse können die von Frischgemüse übertreffen, vor allem wenn diese im Supermarkt gekauft und noch einige Tage zu Hause gelagert werden. Nur frisch im Garten geerntetes Gemüse ist der TK-Ware überlegen [Favell 1998].

Bei der Verwendung von TK-Gemüse im Haushalt ist darauf zu achten, dass die Auftauzeit möglichst kurz gewählt wird, da der Ascorbinsäuregehalt mit zunehmender Auftauzeit abnimmt, wobei dies wahrscheinlich nach einer Exponentialfunktion geschieht [Theiß 1984].

Aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit können beim Wässern von Obst und Gemüse hohe Vitamin C-Verluste entstehen. Durch das Zerkleinern von

Lebensmitteln erfolgt eine Vergrößerung der Oberfläche, wodurch die Oxidationsvorgänge beschleunigt werden [Zobel 1964; Zacharias 1977].
Die Verluste beim Garen sind abhängig vom Grad der Erhitzung, dem Übertritt in die Garflüssigkeit, der Größe der Gargutoberfläche die mit Wasser und Sauerstoff in Kontakt tritt sowie vom pH-Wert [Eitenmiller 1999].
Die höchsten Verluste entstehen beim Kochen, was vor allem aus dem Übergang von Vitamin C in die Garflüssigkeit resultiert. Verschiedene Studien an unterschiedlichen Gemüsen haben dabei Verluste zwischen 20 bis 75 % ergeben, während wasserarme Verfahren wie Dünsten und Dämpfen geringe bis gar keine Verluste verursachen. [Hudson 1985; Petersen 1993; Masrizal 1997; Davey 2000].
Ein weiteres Verfahren bei dem nur wenig Wasser zugegeben werden muss ist das Garen in der Mikrowelle. Hierbei sind bei Untersuchungen an Broccoli und Karotten keine signifikanten Veränderungen im Vitamin C-Gehalt aufgetreten [Howard 1999].
Ältere Untersuchungen an Broccoli, Karotten und Kartoffeln haben gezeigt, dass nach dem Erhitzen höhere Ascorbinsäuregehalte als in den rohen Produkten nachweisbar waren. Die Ascorbinsäure scheint in diesen Produkten z. T. in gebundener Form - dem sogenannten „Ascorbigen“ - vorzuliegen, aus der es erst durch Erhitzen befreit wird [McHenry 1935; Guha 1938]. Heute ist bekannt, dass in Kohlgemüsen Ascorbigen durch die enzymatische Hydrolyse von Glucobrassicin (3-Indolylmethylglucosinolat) und eine spontane Reaktion des dabei gebildeten Zwischenproduktes mit Ascorbinsäure entsteht. Der Abbau des Glucobrassicins wird durch die Myrosinase katalysiert und beginnt wenn die Pflanzenzelle bei der Verarbeitung zerstört wird, wie es z. B. bei der küchentechnischen Zubereitung durch das Zerkleinern oder dem Kauen im Mund beim Verzehr von Rohkostsalaten der Fall ist. Durch eine thermische Behandlung, wie z. B. Kochen bei 100 °C , wird Ascorbigen wieder abgebaut [Hrnį iŚk 1998; Buskov 2000; Hrnį iŚk 2001].

## 2.4.3 Vitamin E

### 2.4.3.1 Struktur und chemische Eigenschaften

Vitamin E ist der Sammelbegriff für alle Tocol- und Tocotrienol-Derivate, deren biologische Wirksamkeit gewichtsbezogen in RRR-ζ-Tocopherol-Äquivalenten (ζ-TE) ausgedrückt werden kann. Dabei entspricht 1 mg ζ-TE 1 mg RRR-ζ-Tocopherol [Gaßmann 1997].

„Zu den acht natürlichen Vitamin E-Verbindungen gehören vier Tocopherole (alpha-, beta-, gamma- und delta- Tocopherol) ... und vier Tocotrienole ..." [Bässler 1997:329].

„Es sind Derivate des 6-Chromanols, die zwei bis vier Methyl-Gruppen und eine gesättigte oder ungesättigte isoprenoide $C_{16}$-Seitenkette besitzen" [Isler 1982:128].

„Die bedeutendste in der Natur vorkommende Verbindung mit Vitamin E-Aktivität ist das ζ-Tocopherol" [Esterbauer 1997].

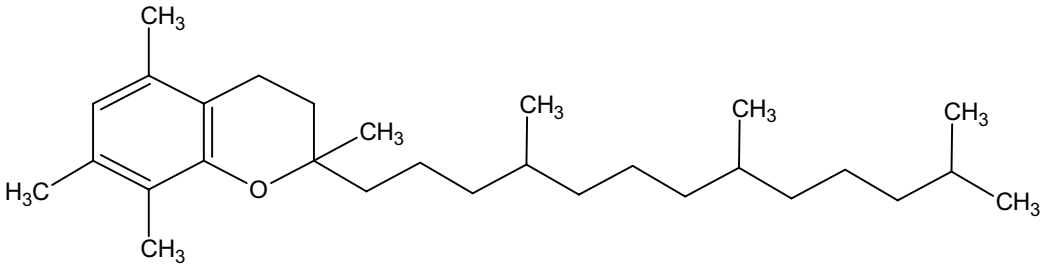



**Abb. 2-5: ζ-Tocopherol**

In Abwesenheit von Sauerstoff sind die Tocopherole stabil gegen Hitze und pH-Werte im alkalischen Bereich sowie gegen Säuren bei Temperaturen bis zu über 100 °C. Sie werden jedoch schnell bei Anwesenheit von Luftsauerstoff oxidiert. Die Oxidation wird durch Licht, Hitze und alkalische pH-Werte sowie die Anwesenheit von Eisen- und Kupfersalzen beschleunigt [Machlin 1991].

### 2.4.3.2 Vorkommen und Lokalisation in der Pflanze

Vitamin E ist ein fettlösliches Vitamin, welches insbesondere in pflanzlichen Fetten und Ölen, wie Weizenkeimöl (185 mg/100 g), Sonnenblumenöl (50 mg/100 g) oder Margarine (35,2 mg/100 g) enthalten ist, aber auch in Gemüse vorkommt [Bendich 1988; Elmadfa 2000].

Die Gehalte in Gemüse und Früchten sind im Vergleich zu den pflanzlichen Fetten zwar eher gering, gewinnen aber bei einer niederkalorischen bzw. fettarmen Ernährung erheblich an Bedeutung [Parker 1989]. Einen relativ hohen Vitamin E-Gehalt haben z. B. Paprika (2,5 µg/100 g), Wirsing (2,5 µg/100 g) und Spinat (1,4 µg/100 g) [Elmadfa 2000].

In den Blättern höherer Pflanzen liegt Vitamin E hauptsächlich in Form von ζ-Tocopherol im Inneren der Chloroplasten lokalisiert vor. Seine Konzentration ist in dunklen Blättern höher als in hellgrünen [Booth 1963a; Bramley 2000].

In Paprika findet die ζ-Tocopherolsynthese in den Chromoplasten statt [Arango 1998]. Bei dem während des Reifungsvorgangs stattfindenden Farbwechsels von grün nach rot werden die Chloroplasten zu Chromoplasten umgebaut. Dabei findet eine vermehrte Synthese von Plastochinonen, zu denen auch das ζ-Tocopherol gehört, statt, welche in den Plastoglobuli gespeichert werden [Lichtenthaler 1969].

Der Vitamin E-Gehalt in Lebensmitteln ist z. T. starken saisonalen Schwankungen unterworfen, was dazu führt, dass es für einige bis zu zehn verschiedene Angaben über die Höhe des Gehalts gibt [Machlin 1991].

#### 2.4.3.3 Physiologische Funktionen

Trotz jahrzehntelanger Forschung, sind die vielfältigen Wirkungsmechanismen dieses Vitamins immer noch nicht vollständig aufgeklärt. Sicher ist jedoch seine große Bedeutung als Antioxidans. Als solches verhindert Vitamin E, welches in den Membranen lokalisiert ist, in erster Linie Schäden durch Lipidoxidation in Geweben, wie sie zum Beispiel durch freie Radikale verursacht werden können [Chow 1985; Fukuzawa 1985; Burton 1990; Esterbauer 1997; Bässler 1997; Bramley 2000]. Bei diesem Vorgang wird das Tocopherol-Molekül selbst zum Radikal, welches durch Vitamin C wieder regeneriert wird [McCay 1985].

In Pflanzen dient Vitamin E, wahrscheinlich ähnlich wie in tierischen Geweben, dem Schutz der Lipiddepots vor Peroxidation. In den Chloroplasten hat es möglicherweise die Funktion, ungesättigte Lipide der Membran vor der Photooxidation zu schützen [Friedrich 1987].

Veränderungen der Aktivität verschiedener Enzyme bei Vitamin E-Mangel deuten darauf hin, dass Vitamin E eine Rolle bei der Proteinbiosynthese spielt, seine genaue Funktion ist jedoch noch nicht bekannt [Chow 1985].
Vitamin E kann die Entstehung einer Arteriosklerose verhindern, indem es unter anderem LDL vor der Oxidation schützt [Chan 1998; Esterbauer 1993].
Weiterhin wird ein positiver Effekt von Vitamin E bei der Prävention verschiedener Krebsarten diskutiert [Knekt 1991 und 1993].

#### 2.4.3.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme

Die DGE empfiehlt bei Jugendlichen und Erwachsenen zwischen 19 und 25 Jahren eine tägliche Vitamin E-Aufnahme von 12 mg-Äquivalent für weibliche bzw. 15 mg-Äquivalent für männliche Personen [DGE 2000]. Laut Ernährungsbericht 1996 ist die tägliche Vitamin E-Zufuhr bei den weiblichen Personen aller Altersgruppen unzureichend. Bei den männlichen Personen liegt lediglich die Gruppe der 10- bis 12-jährigen und die der über 51-jährigen über den Empfehlungen [Ernährungsbericht 1996].

#### 2.4.3.5 Studien zu Veränderungen im Vitamin E-Gehalt beim Garen und Tiefkühlen von Gemüse

Über die Veränderungen im Vitamin E-Gehalt beim Garen von Gemüse liegen nur sehr wenige Untersuchungen vor, die z. T. auch schon veraltet sind. Der Großteil der Studien befasst sich stattdessen mit den Vitamin E-Verlusten bei der Lagerung und Erhitzung von Fetten und Ölen. Eine Studie aus dem Jahr 1963 an verschiedenen Gemüsen hat einen durchschnittlichen ζ-Tocopherol Verlust von 3,7 % ergeben, wenn diese für 30 Minuten in kochendem Wasser gegart werden [Booth 1963b].
Eine weitere Untersuchung aus 1966 gibt für das Kochen von Bohnen in Salzwasser einen Verlust von etwa 11 % an, während beim Garen von Bohnen im Dampfkochtopf eine Zunahme von ca. 18 % gemessen wird. Die Autoren zweifeln ihre Ergebnisse jedoch selbst an, da die ζ-Tocopherol Gehalte der Bohnen an der unteren Nachweisgrenze der Bestimmungsmethode liegen [Brubacher 1966].
Eine jüngere Studie aus dem Jahr 1986 weist in gekochten Karotten einen doppelt so hohen ζ-Tocopherol Gehalt auf als in der Rohware [Lehmann

1986]. Eigene Untersuchungen haben ergeben, dass beim Garen von frischem Broccoli und TK-Broccoli der ζ-Tocopherol Gehalt ansteigt, wobei der Anstieg beim frischen Broccoli deutlich höher liegt als in der TK-Ware [Schlich 2001].
Der Gefriervorgang an sich und die Tiefkühllagerung zeigen keine negativen Einflüsse auf den ζ-Tocopherolgehalt [Piironen 1986; Murcia 1992].

## 2.4.4 η-Carotin

### 2.4.4.1 Struktur und chemische Eigenschaften

η-Carotin gehört zur Gruppe der Carotinoide, die mehr als 600 Verbindungen umfasst, von denen jedoch nur etwa 50 eine Provitamin A-Aktivität besitzen. Ursprünglich werden die Carotinoide nach der Quelle benannt, aus der sie zuerst isoliert worden sind. Die Verwendung dieser Trivialnamen ist heute noch gebräuchlich, obwohl sie keine Aussagen über die Struktur der Carotinoide machen. Um diese Unklarheit zu beseitigen, wird empfohlen, beide Endgruppenpräfixe zu verwenden, so dass man η-Carotin korrekterweise als η,η-Carotin[4] bezeichnen muss [Britton 1995a ; Britton 1995b].

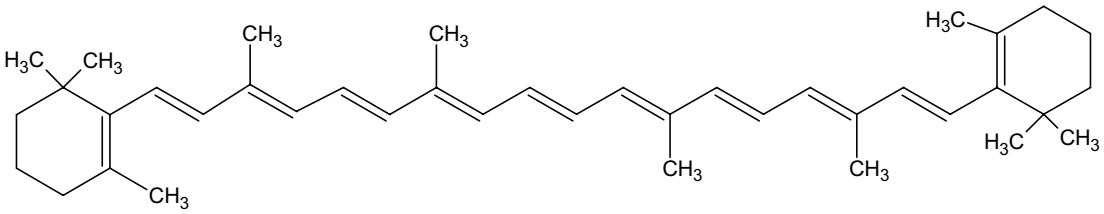



**Abb. 2-6: η,η-Carotin**

Die Carotinoide gehören zu den lipophilen Substanzen und sind generell im Wasser unlöslich. [Britton 1995a]. η-Carotin besitzt ein gutes Kristallisationsvermögen und ist empfindlich gegen Licht, Luft und Säuren [Isler 1982].
η-Carotin, ein Polypren, besteht aus einer Kette aus 8 Isopren-Einheiten mit je einem endständigen η-Iononring. Sein Verhalten wird durch die langen

[4] Im Folgenden wird die geläufigere Bezeichnung η-Carotin verwendet

Kohlenstoffverbindungen mit vielen Doppelbindungen bestimmt [Bässler 1997; Biesalski 1999].

Aufgrund dieser hohen Anzahl an Doppelbindungen ist die Bildung einer Vielzahl von geometrischen Isomeren möglich. Je nach Lage der Substituenten können die Karbondoppelbindungen entweder in der trans- (= E) oder cis-Konfiguration existieren (= Z). In der Natur liegt η-Carotin hauptsächlich in der all-trans-Form vor. Wärme, UV-Licht und Säuren fördern die Isomerisierung. Bei der Lebensmittelverarbeitung steigt die cis-Isomeren Bildung vor allem durch Erhitzen an, wobei die Menge an cis-Isomeren von der Höhe der Temperatur und der Dauer der Hitzebehandlung abhängig zu sein scheint. Dabei entstehen vor allem 9-, 13- und 15- cis-Isomere [Khachik 1986; Quackenbush 1987; Rodriguez-Amaya 1997; Castenmiller 1998; van den Berg 2000].

Die Hauptursache für den Abbau und somit den Verlust von Carotinoiden ist die Oxidation, welche durch die Anwesenheit von Licht, Wärme, Metallen, Enzymen und Sauerstoff stimuliert wird. Während der Oxidation werden vor allem in den endständigen Ringen Epoxide gebildet, wodurch die Provitamin A-Aktivität verloren geht. Antioxidanzien wie Vitamin E und Ascorbinsäure haben eine hemmende Wirkung auf den Abbau [von Elbe 1996; Rodriguez-Amaya 1997].

#### 2.4.4.2 **Vorkommen und Verfügbarkeit**

Die Carotinoide sind für die gelbe, orange und rote Farbe von Blumen und Früchten verantwortlich. Die größte Menge davon wird jedoch in den photosynthetisch aktiven Geweben von Pflanzen und Algen gebildet, in denen die Carotinoide durch die grüne Farbe des Chlorophylls maskiert sind [Britton 1995a].

Hohe η-Carotin-Gehalte sind z. B. in Karotten, Grünkohl und Spinat zu finden. In Deutschland tragen aufgrund ihrer Verzehrsmenge vor allem Karotten, Blattsalate und Spinat zur η-Carotin Versorgung bei [Pelz 1998].

Für die menschliche Ernährung spielt nicht nur der Gehalt an η-Carotin im Lebensmittel eine Rolle, sondern auch inwieweit dieses verfügbar ist. Die Verfügbarkeit der Carotinoide ist u. a. abhängig davon, um welches Carotinoid es sich handelt, den molekularen Verknüpfungen, der Matrix in der sie

enthalten sind sowie Effektoren, welche die Absorption und Biokonversion (Umwandlung zu Vitamin A) beeinflussen. So ist z. B. die Absorption von Lutein aus Gemüse fünfmal höher im Vergleich zu η-Carotin [van het Hof 1999].

Die Anwesenheit von schon geringen Mengen an Fett fördert die η-Carotin Aufnahme, während ein hoher Pektingehalt in der Nahrung die η-Carotin Absorption einschränken kann [Jayarajan 1980; Rock 1992; Castenmiller 1997 und 1998, Takyi 1999].

In grünen Pflanzen liegt η-Carotin als Teil des Pigment-Protein-Komplexes des Photosyntheseapparates in den Chloroplasten als sogenannte Carotenoproteine vor, aus denen es schlechter freigesetzt werden kann als aus gelb-orangefarbenen Früchten, in denen es in den Chromoplasten in Öltropfen gelöst vorliegt. In Karotten ist es in Form von Kristallen mit einer Länge von bis zu 1000 µm enthalten, welche sich ebenfalls nur langsam auflösen. Die kristalline Form, ihr vorliegen in Carotinoid-Protein-Komplexen sowie der Gehalt an Pektin und ähnlichen Fasern, scheint die Verfügbarkeit des η-Carotins in Karotten stark zu beeinflussen [Bryant 1992; Erdmann 1993; de Pee 1995; Zhou 1996; Castenmiller 1998; de Pee 1998; Vishnevetsky 1999].

Bei der Verarbeitung von Lebensmitteln, wie z. B. dem Garen, Tiefgefrieren oder Konservieren, entstehen generell keine großen Verluste an η-Carotin. Es kann jedoch zur bereits erwähnten Umwandlung der all-trans-Form in die cis-Isomere kommen, was mit einer geringeren Provitamin A-Aktivität einhergeht. Es scheint außerdem, dass die all-trans-Form vom Menschen schneller absorbiert wird, was jedoch auch daraus resultieren kann, dass die cis-Isomere, bevor sie ins Blut übergehen, zu all-trans-η-Carotin isomeriert werden, wie You et al. mit Hilfe von $^{13}$C-markiertem 9-cis-η-Carotin nachgewiesen hat [Zechmeister 1949; Sweeney 1970; Wu 1992; You 1996; Castenmiller 1998].

Durch das Garen oder Zerkleinern kann die Verfügbarkeit von Carotinoiden aus pflanzlichen Lebensmitteln sogar noch erhöht werden, da hierbei die Pflanzenzellen zerstört bzw. gelockert und Carotinoid-Protein-Komplexe aufgelöst werden [Erdmann 1988; Hussein 1990; Howard 1999; Clevidence 2000; van het Hof 2000; Ncube 2001].

Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass der η-Carotin Gehalt in Gemüse durch das Garen ansteigen kann [Bushway 1982; Dietz 1988; Granado 1992; Hart 1995; Lessin 1997; Sungpuag 1999].
Beim Blanchieren von Grünen Bohnen als Vorbereitung für die Gefrierlagerung ist ein Anstieg von 70 % beobachtet worden [Oruña-Concha 1997].
Diese höheren η-Carotin-Gehalte werden nicht durch eine tatsächliche Zunahme verursacht, da die für die Biosynthese verantwortlichen Enzymsysteme zu diesem Zeitpunkt längst inaktiviert sind. Die chemischen Umwandlungen, die während der Hitzebehandlung ablaufen, sind zwar an der Isomerisierung und Bildung von Epoxiden des η-Carotins beteiligt, jedoch nicht an der Neubildung. Stattdessen können die Carotinoide aus thermisch behandelten Lebensmitteln besser extrahiert werden als aus rohen Produkten, wo sie durch die feste Matrix oder molekulare Verknüpfungen behindert werden [Rodriguez-Amaya 1997].
Die Freisetzung der Carotinoide aus ihrer Matrix hat auch einen großen Einfluss auf ihre Absorption im menschlichen Darm. [Yeum 2002].
Die bessere Extraktionsfähigkeit der Carotinoide aus verarbeiteten Lebensmitteln lässt darauf schließen, dass sie auf diese Weise auch besser für den Menschen verfügbar sind [Chandler 1988; Dietz 1988; Rodriguez-Amaya 1997; Castenmiller 1999].
So führt zum Beispiel der Verzehr von zerkleinerten und thermisch behandelten Karotten und Spinat zu einem höherem η-Carotin Plasmaspiegel als der Verzehr der rohen Gemüse, trotz der mit der Lebensmittelverarbeitung einhergehenden Bildung von cis-Isomeren [Rock 1998]. Aus rohen unzerkleinerten Karotten hingegen kann η-Carotin praktisch nicht absorbiert werden [van Zeben 1947; DGE 2000].
Die beste Verfügbarkeit ist bei η-Carotin Supplementen zu finden, die reines η-Carotin, z. B. in Öl gelöst, enthalten [Micozzi 1992; Törrönen 1996]. Jedoch haben Studien gezeigt, dass eine Supplementierung mit η-Carotin auch Risiken mit sich bringen kann. So hat z. B. bei Rauchern die Einnahme von Supplementen zu einem erhöhten Lungenkrebsrisiko geführt [Albanes 1996]. Aus diesem Grund wird mittlerweile von der Einnahme isolierter

η-Carotin-Präparate abgeraten und stattdessen der Verzehr von Obst und Gemüse propagiert [Nyberg 2003; Paolini 2003].
Das BMVEL hat aktuell einen Gesetzesentwurf herausgebracht, wonach der Zusatz von η-Carotin zu ernährungsphysiologischen Zwecken nur noch max. 2 mg isoliertes η-Carotin pro 100 g bzw. 100 ml Lebensmittel betragen darf [Biesalski 2002].

#### 2.4.4.3 **Eigenschaften und Funktionen**

In den Pflanzen spielen die Carotinoide im allgemeinen eine wichtige Rolle bei der Farbgebung, sowie im Rahmen der Photosynthese, wo sie einerseits das Chlorophyll und andere Moleküle vor der Photooxidation schützen, andererseits Strahlungsenergie absorbieren und deren Energie auf das Chlorophyll übertragen [Britton 1995a; Demmig-Adams 1996].
Die Carotinoide können in Pflanzen und Tieren, von denen sie über die Nahrung aufgenommen werden, in Form von Kristallen, amorphen Festkörpern, in Öltropfen gelöst, in einer kolloidialen Dispersion oder in einer wässrigen Phase an Proteine gebunden vorliegen. Die Proteinbindung bewirkt neben der Wasserlöslichkeit auch eine Stabilisierung und eine Farbveränderung. Bei Invertebraten wie Krabben oder Hummern tritt das Carotinoid Astaxanthin in Form von blauen, grünen oder lila farbenen Carotenoproteinkomplexen auf. Durch das Kochen wird das Protein denaturiert und die rote Farbe des Astaxanthins erscheint [Rodriguez-Amaya 1997].
Für den Menschen ist η-Carotin vor allem aufgrund seiner Provitamin A-Aktivität von Bedeutung. Daneben hat es infolge seiner antioxidativen Eigenschaften weitere wichtige Funktionen [Britton 1995a; Bässler 1997; DGE 2000].
Die höchste Provitamin A-Aktivität besitzt all-trans-η-Carotin. Bei der Umwandlung der all-trans-Form in die cis-Isomere geht die Provitamin A-Aktivität zum Teil verloren. Untersuchungen haben gezeigt, dass 9 cis-η-Carotin 38 % und 13 cis-η-Carotin 62 % der Provitamin A-Aktivität von all-trans-η-Carotin besitzt [Zechmeister 1949; Deming 2002].
Vitamin A ist in seinen verschiedenen Formen unter anderem am Sehvorgang sowie der Regulation der Genexpression beteiligt [Britton 1995a; Biesalski 1999].

η-Carotin ist in seiner Eigenschaft als Antioxidans vor allem an der Entgiftung von Peroxylradikalen und Singulettsauerstoff beteiligt. Während des Deaktivierungsprozesses wird es zerstört und, im Gegensatz zu Vitamin E, wahrscheinlich nicht mehr regeneriert. Anders als bei der Provitamin A-Aktivität, scheinen die cis-Isomere z. T. sogar eine höhere antioxidative Kapazität zu besitzen als die all-trans-Form [Böhm 1999].
Weiterhin spielt η-Carotin bei der Interzellulären Kommunikation und dem Schutz der Haut vor Sonneneinflüssen eine Rolle [Stahl 2002].

#### 2.4.4.4 Zufuhrempfehlung und tatsächliche Aufnahme

Für die notwendige Zufuhr an η-Carotin existiert keine exakte Mengenangabe, sondern lediglich ein Schätzwertbereich von 2 – 4 mg pro Tag, der aus verschiedenen Studien abgeleitet worden ist [DGE 2000]. Die tatsächliche tägliche Zufuhr liegt bei der deutschen Bevölkerung im Durchschnitt bei knapp über 2 mg. Vor allem Kinder unter 13 Jahren erreichen die geforderte Menge nicht [Ernährungsbericht 2000].

### 2.4.5 Rohasche

#### 2.4.5.1 Definition

Die Asche bezeichnet den Rückstand, der bei der vollständigen Verbrennung (Veraschung) der organischen Bestandteile eines Lebensmittels unter festgelegten Bedingungen entsteht. Nach Abzug etwaiger an dem Lebensmittel anhaftender Verunreinigungen (z. B. Sand) und möglicherweise durch unvollständige Verbrennung vorhandene Kohlepartikel, korreliert dieser Rückstand mit dem Mineralstoffgehalt des Lebensmittels [Matissek 1992].
Die Mineralstoffe sind die mineralischen Bestandteile pflanzlicher und tierischer Organismen. Sie lassen sich nach Mengenelementen (Ca, Mg, Na, K, P, S, Cl) und Spurenelementen (Fe, Zn, Cu, Cr, Mn, Co, Se, I) unterscheiden [Römpp 1995].
Die Mineralien liegen in der Asche u. a. in Form von Metalloxiden, Sulfaten, Phosphaten, Nitraten und Chloriden vor [Miller 1996].

#### 2.4.5.2 Verluste bei der Lebensmittelzubereitung

Anders als Vitamine werden Mineralstoffe nicht durch Faktoren wie Licht, Hitze und Sauerstoff zerstört, sondern durch Auslaugung oder physikalische Trennung aus den Lebensmitteln entfernt [Miller 1996].

Bei den Garverfahren treten die höchsten Mineralstoffverluste beim Kochen auf. Untersuchungen an Karotten haben Verluste von bis zu 30 % ergeben, während sie beim Dämpfen nur bei 4 % liegen. Bei Kartoffeln liegen sie bei 27 % beim Kochen und 14 % beim Dämpfen [Bognár 1986].

Bei tiefgefrorenem Gemüse entstehen beim Blanchieren Verluste zwischen 3 und 30 %. Durch den Gefrierprozess und die Gefrierlagerung entstehen keine Mineralstoffverluste [Spieß 1984].

#### 2.4.5.3 Gehalte in pflanzlichen Produkten

Der Mineralstoffgehalt in Pflanzengeweben wird häufig als Aschegehalt angegeben. Dieser kann je nach Pflanzenart zwischen 0,5 und 1 % der Frischmasse betragen. Die häufigsten Elemente in Pflanzen sind Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphor, Schwefel und Stickstoff [Haard 1996].

Der Hauptanteil der Mineralstoffe der hier untersuchten Gemüse besteht aus Kalium, welches praktisch in allen pflanzlichen Lebensmitteln ein Hauptbestandteil ist [Herrmann 1994; Souci 1994].

Beim Broccoli ist noch sein hoher Calcium- und Magnesiumgehalt hervorzuheben, der in hohem Maße zur menschlichen Versorgung beiträgt [Herrmann 1994].

# 3 Material und Methoden

## *3.1 Lebensmittelauswahl*

Bei der Auswahl der zu untersuchenden Gemüse wird darauf geachtet, dass sie zum einen eine wichtige Quelle für die zu untersuchenden Inhaltsstoffe darstellen und zum anderen sich mit den hier verwendeten Garverfahren zubereiten lassen.

Eines der Hauptziele dieser Arbeit ist es, den möglichen Einfluss von Lokalisation und Bindungsform von η-Carotin und ζ-Tocopherol in unterschiedlichen Gemüsearten auf ihr Verhalten beim Garen zu untersuchen. Aus diesem Grund wird mit Broccoli ein grünes Gemüse, in dem η-Carotin als Teil des Pigment-Protein-Komplexes des Photosyntheseapparates in den Chloroplasten gebunden vorliegt ausgewählt. Rote Paprika hingegen gehören zu den Fruchtgemüsen und das η-Carotin liegt in Form von Lipidtropfen gelöst in den Chromoplasten vor. In Karotten ist η-Carotin ebenfalls in den Chromoplasten enthalten, jedoch in Form von Kristallen mit einer Länge von bis zu 1000 µm [Zhou 1996; de Pee 1998]. ζ-Tocopherol wird nur in Broccoli und den roten Paprika untersucht, da in Karotten und Kartoffeln keine nennenswerten Mengen davon enthalten sind. Ebenso wie η-Carotin ist das ζ-Tocopherol im Broccoli in den Chloroplasten und in den Paprika in den Chromoplasten enthalten [Booth 1963a; Arango 1998].

Die Gemüse werden innerhalb der einzelnen Versuchsreihen jeweils in einer Charge beim Großhändler eingekauft bzw. von einem Kleinbauern bezogen, um Schwankungen im Gehalt der Inhaltsstoffe aufgrund von saisonalen oder klimatischen Einflüssen so weit wie möglich vorzubeugen [Rodriguez-Amaya 1998].

## Darstellung der Versuchsreihen

Im Rahmen der Untersuchung soll der Einfluss von Kochen und Dünsten mit dem Garen in modernen Dampfgargeräten und der Mikrowelle auf die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität in frischen und TK-Gemüsen verglichen werden. Hierzu werden insgesamt drei Versuchsreihen (A, B und C) durchgeführt, die in den folgenden Kapiteln näher beschrieben werden.

Alle Garversuche werden im haushaltstechnischen Labor der Professur für Haushaltstechnik durchgeführt.
Folgende Geräte werden bei allen Versuchsreihen benötigt:

**Laborwaage**
Kern 572-47; Maximalgewicht 6000g, d =0,2 g

**Thermofühler**
ABB Metrawatt M 4051 mit NiCr/Ni-Thermoelement
(Messbereich: -40,0 bis +199,9 °C)

**Stoppuhr**
Junghans

**Massekochplatte**
18 cm Durchmesser; 1700 Watt; 6 Leistungsstufen

## *3.2 Versuchsreihe A*

### 3.2.1 Verwendete Garverfahren und Gemüse

Im Rahmen von Versuchreihe A werden verschiedene frische Gemüse mit Methoden wie sie der private Haushalt anwendet gegart. Dies sind einmal das Kochen und Dünsten im Topf auf der Kochstelle sowie das Garen im Dampfdrucklosgarer und Dampfdruckgarer als moderne Variante zum Dämpfen im Siebeinsatz und Dampfdrucktopf und das Garen in der Mikrowelle (siehe 3.2.2.1).
Es werden vier Gemüse (Broccoli, rote Paprika, Karotten und Kartoffeln) gewählt. Diese lassen sich alle in ausreichender Qualität mit den zu untersuchenden Garverfahren zubereiten. Auf rote Paprika, Broccoli und

Karotten trifft außerdem die unter 3.1 erwähnte unterschiedliche Lokalisation von η-Carotin zu. Bei der Kartoffel handelt es sich um ein Gemüse, das zwar einen eher geringen Vitamin C-Gehalt aufweist, aber aufgrund seiner hohen Verzehrsmenge eine wichtige Quelle für Vitamin C darstellt [Bässler 1997]. Weiterhin stellen gerade die hier untersuchten Garverfahren typische Methoden für die Zubereitung von Kartoffeln dar.

Die Gemüse werden im August eingekauft und stammen aus folgenden Herkunftsländern:

**Broccoli**
Herkunftsland: Deutschland
**Paprika, rot**
Herkunftsland: Holland
**Karotten**
Herkunftsland: Deutschland; Region: Pfalz
**Kartoffeln**
Herkunftsland: Deutschland; 35581 Wetzlar;
Sorte: Secura, mittelfrüh; vorwiegend festkochend

## 3.2.2 Garversuche

### 3.2.2.1 Versuchsaufbau

Das Dämpfen, Druckdämpfen und Garen in der Mikrowelle wird in speziell dafür vorgesehenen Geräten durchgeführt (siehe Abb. 3-2 bis 3-5).
Das Kochen und Dünsten erfolgt im Kochtopf auf der Massekochplatte. Die Garzeiten werden mit Hilfe einer Stoppuhr überwacht.
Die Ermittlung der Temperatur erfolgt mit Hilfe eines Thermofühlers, der über eine Bohrung im Topfdeckel in den Topf eingebracht wird (siehe Abb. 3-1). Das Gemüse wird auf Stufe 3 angekocht bis der Temperaturfühler 98 °C anzeigt und anschließend auf Stufe 0,5 fortgegart.

Die Garversuche werden in folgenden Gefäßen/Geräten durchgeführt:

**Dünsten/Kochen**

Fissler-Profi-Topf; 20 cm Durchmesser , Volumen: 3 Liter

**Abb. 3-1: Versuchsaufbau mit Fissler-Kochtopf [Foto: Loh 2003]**

**Dämpfen**

Imperial Dampfdrucklosgarer DLG 5664 U, Anschlussleistung 2,3 kW,
mit 1,5 l Garbehälter, gelocht

**Abb. 3-2: Imperial Dampfdrucklosgarer [Foto: Loh 2003]**

**Druckdämpfen**

Imperial Dampfdruckgarer DG 4664, Anschlussleistung 5,1 kW,
mit 1,5 l Garbehälter gelocht

**Abb. 3-3: Imperial Dampfdruckgarer [Foto: Loh 2003]**

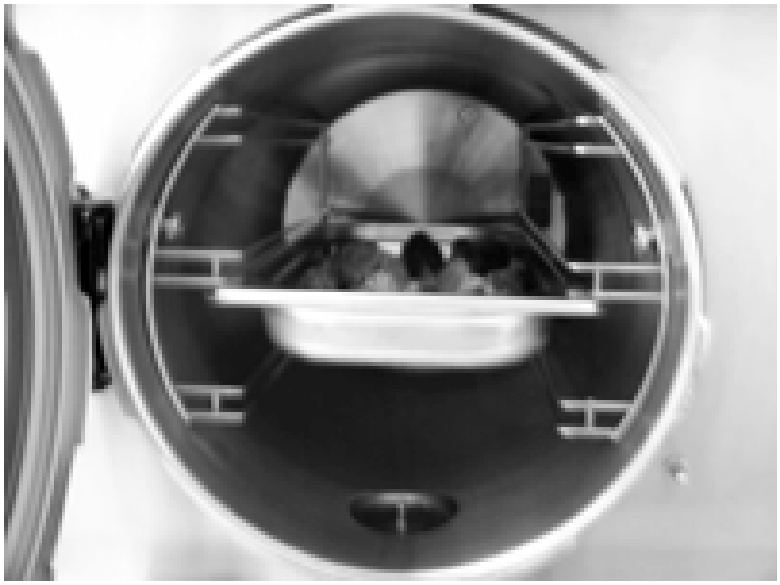


**Abb. 3-4: Imperial Dampfdruckgarer: Garraum [Foto: Loh 2003]**

**Mikrowellen garen**

Miele Mikrowellengerät M 625 EG,

Leistungsstufen: 7 (80/150/300/450/600/850/1000 Watt);

mit Simax Mikrowellengeschirr 0,8 und 1,2 Liter

**Abb. 3-5: Miele Mikrowellengerät [Foto: Loh 2003]**

### 3.2.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe

Ziel ist es, bei allen Verfahren den gleichen Garegrad zu erreichen. Broccoli, Karotten und Paprika sollen gar, aber noch bissfest sein. Die Kartoffeln sollen weich, aber nicht zerkocht sein.

Zur Orientierung werden die seitens der Firma Imperial vorgegebenen Zeiten für das Garen im Dampfdrucklos- und Dampfdruckgarer bzw. der Firma Miele für das Garen in der Mikrowelle verwendet [Imperial 1998; Miele 1999; Imperial 2000]. Als problematisch erweist sich der Dampfdruckgarer, bei dem die Garzeiten nur in ganzen Minuten einstellbar sind, bei der Festlegung der Zeiten für Broccoli, Paprika und Karotten. Diese benötigen unter Druck nur eine sehr kurze Garzeit, so dass die Wahl von einer Minute mehr oder weniger schon eine große Auswirkung hat und das Gemüse entweder noch zu fest oder schon zu weich ist. In diesen Fällen wird jeweils die kürzere Garzeit eingestellt, da das Gemüse in der Zeit zwischen Entnahme aus dem Gerät und Verzehr noch eine Weile nachgart und somit der gewünschte Garegrad erreicht wird.

In einer Vierergruppe werden die Garzeiten für das Kochen und Dünsten im Rahmen von Vorversuchen mit Hilfe von Vergleichstests entsprechend angepasst. Das wichtigste Kriterium ist hierbei die Weichheit bzw. Bissfestigkeit der Gemüse.
Die Wasserzugabe in den beiden Dampfgargeräten erfolgt jeweils automatisch.
Beim Kochen wird, entsprechend der Definition, soviel Wasser hinzugegeben, bis das Gargut vollständig davon bedeckt ist.
Beim Dünsten und Garen in der Mikrowelle wird gerade soviel Flüssigkeit hinzugegeben, dass ein Anbrennen bzw. Austrocknen verhindert wird. Die genauen Garparameter sind unter 3.2.2.5 angegeben.

#### 3.2.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel

Um eine exakte Beurteilung der Vitaminveränderung während des Garens zu erhalten, ist es notwendig, die Einflüsse der Lagerung und Vorbereitung so gering wie möglich zu halten. Broccoli, Karotten und Paprika werden beim Großhandel eingekauft und am gleichen Tag verarbeitet. Die Kartoffeln werden etwa 2 Wochen kühl und dunkel gelagert. Die Gemüse werden erst kurz vor dem Garen geschält, gewaschen und zerkleinert. Das Waschen erfolgt unter fließend kaltem Wasser.

#### 3.2.2.4 Versuchsdurchführung

**Broccoli**

Die Broccoli werden vom Strunk befreit und in gleichmäßige Röschen geteilt. Die Röschen haben zusammen mit dem Stiel eine Höhe von 5 - 7 cm und eine Masse von maximal 30 g. Es werden etwa 300 g abgewogen, kurz unter fließend kaltem Wasser gewaschen und sofort gegart.

**Paprika**

Die Paprika werden halbiert und von Stiel und Kernen befreit. Anschließend werden sie geviertelt und in 1 cm breite Querstreifen geschnitten. Es werden etwa 300 g eingewogen, kurz unter fließend kaltem Wasser gewaschen und sofort gegart.

**Karotten**

Die Karotten werden mit dem Sparschäler geschält. Das obere und das untere Ende wird um etwa einen Zentimeter gekürzt. Die Karotten werden in ca. 1 cm breite, runde Stücke geschnitten. Es werden etwa 300 g eingewogen und sofort gegart.

**Kartoffeln**

Die Kartoffeln werden mit dem Sparschäler geschält. Die Augen werden entfernt und die Kartoffeln kurz unter fließend kaltem Wasser abgewaschen. Anschließend werden sie abgetrocknet, damit das anhaftende Wasser nicht die Masse der Kartoffeln verfälscht. Es werden ca. 60 g schwere Stücke geschnitten, pro Gardurchgang etwa 300 g eingewogen und sofort gegart.

#### 3.2.2.5 Garparameter

**Tab. 3-1: Garparameter beim Kochen**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Energiestufe/Garzeit |
|---|---|---|
| Broccoli | Kaltansatz mit 1500 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 9,5 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 16,0 min |
| Paprika | Kaltansatz mit 600 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 6,3 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 6,0 min |
| Karotten | Kaltansatz mit 600 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 6,1 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 12,5 min |
| Kartoffeln | Kaltansatz mit 500 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 5,1 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 16,0 min |

**Tab. 3-2: Garparameter beim Dünsten**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Energiestufe/Garzeit |
|---|---|---|
| Broccoli | tropfnasser Broccoli mit 100 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 4,0 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 8,0 min |
| Paprika | tropfnasse Paprika mit 50 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 4,0 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 6,0 min |
| Karotten | tropfnasse Karotten mit 50 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 4,0 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 10,0 min |
| Kartoffeln | tropfnasse Kartoffeln mit 100 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 4,0 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 15,0 min |

**Tab. 3-3 Garparameter beim Dämpfen**

| Lebensmittel | Garprogramm<br>Einschubebene | Garzeit (nur Fortgaren) |
|---|---|---|
| Broccoli | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 10 min |
| Paprika | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 10 min |
| Karotten | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 12 min |
| Kartoffeln | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 20 min |

**Tab. 3-4: Garparameter beim Druckdämpfen**

| Lebensmittel | Garprogramm<br>Einschubebene | Garzeit (nur Fortgaren) |
|---|---|---|
| Broccoli | 120 °C<br>gelochter Behälter<br>2. Einschubebene von unten | 2 min |
| Paprika | 120 °C<br>gelochter Behälter<br>2. Einschubebene von unten | 1 min |
| Karotten | 120 °C<br>gelochter Behälter<br>2. Einschubebene von unten | 3 min |
| Kartoffeln | 120 °C<br>gelochter Behälter<br>2. Einschubebene von unten | 10 min |

**Tab. 3-5: Garparameter beim Garen in der Mikrowelle**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Garzeit* |
|---|---|---|
| Broccoli | tropfnasser Broccoli ohne zusätzliche Wasserzugabe | 2,5 min bei 850 W<br>4 min bei 450 W |
| Paprika | tropfnasser Paprika ohne zusätzliche Wasserzugabe | 2,5 min bei 850 W<br>3 min bei 450 W |
| Karotten | geputzte Karotten mit 20 ml Wasser | 2 min bei 850 W<br>4 min bei 450 W |
| Kartoffeln | gewaschene Kartoffeln mit 50 g Wasser | 3 min bei 850 W<br>6 min bei 450 W |

*Das gegarte Gemüse wird zum Temperaturausgleich vor der Weiterverarbeitung für 2 Minuten stehen gelassen.

## *3.3 Versuchsreihe B*

### 3.3.1 Verwendete Garverfahren und Gemüse

In dieser Versuchsreihe werden drei Garmethoden wie sie in der Großküche Anwendung finden miteinander verglichen.
Die Gemüse werden in einem Combidämpfer bei 100 und 60 % Feuchte gegart und außerdem gekocht, da das Kochen in der Großküche immer noch das alternative Verfahren zur Zubereitung im Combidämpfer darstellt [Greiner 2001].
Die Untersuchung erfolgt an Karotten und roten Paprika, nachdem es sich im Rahmen von Vorversuchen herausgestellt hat, dass weder Kartoffeln noch Broccoli für eine Zubereitung im Combidämpfer bei 60 % Feuchte geeignet sind, da dieses Verfahren die beiden Gemüse sehr stark austrocknet.

Die Gemüse werden im Februar eingekauft und stammen aus folgenden Herkunftsländern.

**Paprika, rot**

Herkunftsland: Spanien

**Karotten**

Herkunftsland: Deutschland; Region: Pfalz

### 3.3.2 Garversuche

#### 3.3.2.1 Versuchsaufbau

Die Gemüse werden in einem Combidämpfer gegart bzw. in einem Kochtopf auf der Massekochplatte gekocht.
Beim Kochen werden die Garzeiten mit Hilfe einer Stoppuhr überwacht.
Die Ermittlung der Temperatur erfolgt durch einen Thermofühler, der über eine Bohrung im Topfdeckel in den Topf eingebracht wird (siehe Abb. 3-1). Das Gemüse wird auf Stufe 3 angekocht bis der Temperaturfühler 98 °C anzeigt und anschließend auf Stufe 0,5 fortgegart.

Die Versuche werden in folgenden Gefäßen/Geräten durchgeführt:

**Kochen**

Fissler-Profi-Topf; 20 cm Durchmesser , Volumen: 3 Liter (siehe Abb. 3-1)

**Garen im Combidämpfer bei 100 % Feuchte (CPC 100) und**
**Garen im Combidämpfer bei 60 % Feuchte bzw. reduzierter Feuchte (CPC 60) + Beschwaden**

**Abb. 3-6: Rational Combidämpfer [Foto: Loh 2003]**

Rational Combidämpfer CPC 61

Der CPC verfügt über zwei Garmedien, „Feuchte Hitze“ (Dampf) und „Trockene Hitze“ (Heißluft), welche einzeln, nacheinander oder kombiniert angewandt werden können.

**„Feuchte Hitze“**

Ein Dampfgenerator erzeugt Dampf, welcher drucklos in den Garraum eingespeist und vom Gebläserad umgewälzt wird. Die Garraumtemperatur kann zwischen 30 °C und 130 °C frei eingestellt werden.

**„Trockene Hitze“**

Die von Heizkörpern erhitzte Luft wird über ein Gebläserad im gesamten Garraum verteilt. Die Temperatur kann wahlweise von 30 °C bis 300 °C eingestellt werden.

**„Feuchte Hitze“ + „Trockene Hitze“**

Durch Kombination der beiden Garmedien entsteht ein heiß-feuchtes Klima für eine besonders intensive Garung. Die Temperatur kann wahlweise von 30 bis 300 °C eingestellt werden. Die Feuchtigkeit lässt sich frei zwischen 100 und 0 % wählen [Rational o.J.].

Daneben verfügt der CPC noch über eine Reihe von Zusatzfunktionen, welche für die hier durchgeführten Versuche, mit Ausnahme des Beschwadens und des Erstellens von Programmen, jedoch nicht relevant sind.

Beim **Beschwaden** erfolgt eine schlagartige Feuchtigkeitszufuhr von jeweils ca. 4 Sekunden. Es kann als Zusatzfunktion in alle Programmschritte mit Trockener Hitze bzw. Trockener und Feuchter Hitze programmiert werden.

Das **Erstellen von Programmen** hat den Vorteil, dass die vorab festgelegten Garparameter fest eingespeichert werden können, wodurch gesichert ist, dass die Wiederholungen identisch ablaufen [Rational o. J.].

#### 3.3.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe

Ziel ist es, bei allen Verfahren den gleichen Garegrad zu erreichen. Karotten und Paprika sollen gar aber noch bissfest sein. Zur Orientierung wird der Garegrad gewählt, der für das Kochen in Versuchsreihe A festgelegt worden ist.

In einer Vierergruppe werden die Garzeiten für das Garen im Combidämpfer bei 100 und 60 % Feuchte entsprechend angepasst, wobei das Kriterium die Weichheit bzw. Bissfestigkeit der Gemüse ist. Die genauen Garparameter sind unter 3.3.2.5 angegeben.

#### 3.3.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel

Um eine exakte Beurteilung der Vitaminveränderung während des Garens zu erhalten, ist es notwendig, die Einflüsse der Lagerung und Vorbereitung so gering wie möglich zu halten. Karotten und Paprika werden beim Großhandel eingekauft und am gleichen Tag verarbeitet. Die Gemüse werden erst kurz vor dem Garen geschält, gewaschen und zerkleinert.

#### 3.3.2.4 Versuchsdurchführung

**Paprika**

Die Paprika werden halbiert und von Stiel und Kernen befreit. Anschließend werden sie geviertelt und in 1 cm breite Querstreifen geschnitten. Es werden etwa 300 g eingewogen, kurz unter fließend kaltem Wasser gewaschen und sofort gegart.

**Karotten**

Die Karotten werden mit dem Sparschäler geschält. Das obere und das untere Ende wird um etwa einen Zentimeter gekürzt. Die Karotten werden in ca. 1 cm breite, runde Stücke geschnitten. Es werden etwa 300 g eingewogen und sofort gegart.

#### 3.3.2.5 Garparameter

**Tab. 3-6: Garparameter beim Kochen**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Energiestufe/Garzeit |
|---|---|---|
| Paprika | Kaltansatz mit 600 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 6,3 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 6,0 min |
| Karotten | Kaltansatz mit 600 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 6,1 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 12,5 min |

**Tab. 3-7: Garparameter im Combidämpfer bei 100 % Feuchte***

| Lebensmittel | Garprogramm<br>Einschubebene | Garzeit |
|---|---|---|
| Paprika | 100 % „Feuchte Hitze“ 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 8 min |
| Karotten | 100 % „Feuchte Hitze“ 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 10 min |

*Das Gerät wird vor dem Beladen auf 100 °C und 100 % Feuchte vorgeheizt.

**Tab. 3-8: Garparameter im Combidämpfer bei 60 % Feuchte + Beschwaden***

| Lebensmittel | Garprogramm<br>Einschubebene | Garzeit |
|---|---|---|
| Paprika | 60 % „Feuchte Hitze“ +<br>Beschwaden, 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 10 min |
| Karotten | 60 % „Feuchte Hitze“ +<br>Beschwaden, 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 14 min |

* Das Gerät wird vor dem Beladen auf 100 °C und 100 % Feuchte vorgeheizt.

## *3.4 Versuchsreihe C*

### 3.4.1 Verwendete Garverfahren und Gemüse

In Versuchsreihe C werden tiefgekühlte Gemüse mit Methoden wie sie der private Haushalt anwendet zubereitet.

Die Untersuchung beschränkt sich auf tiefgekühlten Broccoli und rote Paprika, da in diesen sämtliche zu untersuchenden Inhaltstoffe in ausreichenden Mengen vorhanden sind.

Bei den Garverfahren fällt die Wahl auf das Kochen und das Garen im Dampfdrucklosgarer und in der Mikrowelle.

Einige Hersteller von TK-Gemüsen empfehlen das Kochen als mögliche Zubereitungsform für ihre Produkte.

Für den Dampfdrucklosgarer gibt es ebenfalls Empfehlungen zur Zubereitung von TK-Gemüse [Imperial 1998].

Vor allem die Mikrowelle wird häufig für die Zubereitung von TK-Waren empfohlen, so hat z. B. das Deutsche Tiefkühlinstitut eine eigene Broschüre zu diesem Thema herausgegeben [dti 1992].

Die Versuche werden mit folgenden Tiefkühlgemüsen durchgeführt:

**Broccoli-Röschen (20- 40 mm)**

5 kg-Karton; Herstellung: 15.01.2003; MHD 01/2005.

**Paprika-Streifen, rot**

10 kg-Karton mit 4 Beuteln á 2,5 kg; Herkunftsland: Spanien; Herstellung: 17.09.2002; MHD 17.09.2004.

Die frischen Gemüse werden beim TK-Hersteller bei maximal 6 °C für höchstens 2 Tage gelagert. Dieser Fall tritt jedoch nur ein, wenn die gesamte angelieferte Ware nicht an einem Tag verarbeitet werden kann.
Sowohl Broccoli als auch Paprika werden einem Blanchierverfahren unterzogen.
Der Broccoli wird bei 94 °C und die Paprika bei 87 °C für jeweils 60 Sekunden im Dampf blanchiert [Bultereys 2003].

## 3.4.2 Garversuche

### 3.4.2.1 Versuchsaufbau

Zum Dämpfen und Garen in der Mikrowelle werden die unten beschriebenen Geräte eingesetzt.
Das Kochen erfolgt im Topf auf der Massekochplatte. Dabei werden die Garzeiten mit Hilfe einer Stoppuhr überwacht und die Ermittlung der Temperatur erfolgt mit einem Thermofühler, der über eine Bohrung im Topfdeckel in den Topf eingebracht wird (siehe Abb. 3-1). Das Gemüse wird auf Stufe 3 angekocht bis der Temperaturfühler 98 °C anzeigt und anschließend auf Stufe 0,5 fortgegart.

Die Garversuche werden in folgenden Gefäßen/Geräten durchgeführt:

**Kochen**

Fissler-Profi-Topf; 20 cm Durchmesser , Volumen: 3 Liter (siehe Abb. 3-1)

**Dämpfen**

Imperial Dampfdrucklosgarer DLG 5664 U, Anschlussleistung 2,3 kW,
mit 1,5 l Garbehälter, gelocht (siehe Abb. 3-2)

**Mikrowellen garen**

Miele Mikrowellengerät M 625 EG,
Leistungsstufen: 7 (80/150/300/450/600/850/1000 Watt);
mit Simax Mikrowellengeschirr 0,8 und 1,2 Liter (siehe Abb. 3-5)

### 3.4.2.2 Ermittlung der Garzeiten und Flüssigkeitszugabe

Ziel ist es, bei allen Verfahren den gleichen Garegrad zu erreichen. Der tiefgekühlte Broccoli und die rote Paprika sollen gar, aber noch bissfest sein.

Bei der Zubereitung der TK-Gemüse im Dampfdrucklosgarer und der Mikrowelle werden wieder zuerst die Herstellerangaben zu Rate gezogen.
Laut Bedienungsanleitung sind die Garzeiten für TK-Gemüse im Dampfdrucklosgarer identisch mit denen für Frischgemüse [Imperial 1998]. Da aber die verwendeten TK-Paprika blanchiert und produktionsbedingt schon in viel schmalere Streifen geschnitten sind als die untersuchte frische Paprika, wird die Garzeit um zwei Minuten verkürzt. Beim Broccoli, der vor dem Tiefkühlen ebenfalls bereits blanchiert worden ist, wird eine um vier Minuten kürzere Garzeit gewählt.
In der Mikrowelle soll die Ankochzeit für TK-Gemüse etwa 3 Minuten länger sein als bei Frischgemüse [Miele 1999]. Da beim frischen Gemüse in Versuchsreihe A die vorgegebene Ankochzeit bereits schon halbiert worden ist, wird für die TK-Gemüse eine nur 1,5 Minuten längere Garzeit gewählt. Beim Garen in der Mikrowelle wird außerdem keine Flüssigkeit hinzugegeben.
Das Kochen erfolgt genauso wie beim Frischgemüse. Das Gargut ist vollständig mit Wasser bedeckt. Es wird auf Stufe 3 angekocht bis der sich im Topf befindende Messfühler 98 °C anzeigt und dann auf Stufe 0,5 fortgegart, bis der Garegrad des Gemüses dem aus der Mikrowelle und dem Dampfdrucklosgarer entspricht. Die genauen Garparameter sind unter 3.4.2.5 angegeben.

#### 3.4.2.3 Lagerung und Vorbereitung der Lebensmittel

Um eine exakte Beurteilung der Vitaminveränderung während des Garens zu erhalten, ist es notwendig, die Einflüsse der Lagerung und Vorbereitung so gering wie möglich zu halten. Das Tiefkühlgemüse wird zu Beginn der Versuchsreihe angeliefert und bis kurz vor dem Garen bei – 29 °C gelagert.

#### 3.4.2.4 Versuchsdurchführung

Das Tiefkühlgemüse ist direkt zubereitungsfertig. Es werden jeweils 300 g entnommen und gegart.

### 3.4.2.5 Garparameter

**Tab. 3-9: Garparameter beim Kochen**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Energiestufe/Garzeit |
|---|---|---|
| Broccoli | Kaltansatz mit 1500 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): ca. 12,0 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 2,0 min |
| Paprika | Kaltansatz mit 600 ml Wasser | Ankochen auf Stufe 3 (bis 98 °C): 9,5 min<br>Fortgaren auf Stufe ½: 5,0 min |

**Tab. 3-10 Garparameter beim Dämpfen**

| Lebensmittel | Garprogramm<br>Einschubebene | Garzeit (nur Fortgaren) |
|---|---|---|
| Broccoli | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 6 min |
| Paprika | Garen Gemüse 100 °C<br>gelochter Behälter<br>3. Einschubebene von unten | 8 min |

**Tab. 3-11: Garparameter beim Garen in der Mkrowelle**

| Lebensmittel | Wasserzugabe | Garzeit* |
|---|---|---|
| Broccoli | gefrorener Broccoli ohne zusätzliche Wasserzugabe | 4,0 min bei 850 W<br>4,0 min bei 450 W |
| Paprika | gefrorener Paprika ohne zusätzliche Wasserzugabe | 4,0 min bei 850 W<br>3,0 min bei 450 W |

*Das gegarte Gemüse wird zum Temperaturausgleich vor der Weiterverarbeitung einmal umgerührt und für 2 Minuten stehen gelassen.

### Weiterbehandlung der gegarten Proben

Die im folgenden beschriebenen Abläufe und Methoden gelten für alle Versuchsreihen.

## *3.5 Lagerung und Versand der fertigen Proben*

Nach dem Garen werden die Lebensmittel sofort in Gefrierbeuteln vakkuum verschweißt und in Eiswasser abgekühlt. Anschließend werden sie bei -29 °C gelagert, bis sie zur Vitaminanalyse verschickt werden. Die Versendung erfolgt in Polystyrolkartons. Die tiefgefrorenen Proben werden zusammen mit 8-16 Trockeneistabletten (á 30 g) und 5 Kühlakkus per Über-Nacht-Express verschickt (Abholung um 16 Uhr, Anlieferung am nächsten Tag um spätestens 9 Uhr), so dass sie noch tiefgefroren im Labor ankommen, was über einen Vorversuch mit der Auslagerung eines entsprechenden Paketes über ein Wochenende bestätigt wird.

Hierfür werden folgende Geräte verwendet:

**Folienschweißgerät**

Krupps Vacupack plus

**Trockeneisgerät**

Messer Snowpack

**$CO_2$-Kurzstahlflasche mit Steigrohrventil**

Messer

**Abb. 3-7: Paket mit vakuumierten Proben, Trockeneis und Kühlakkus [Foto: Loh 2003]**

## *3.6 Bestimmung der Vitamin- und Rohaschegehalte*

Die Bestimmung der Vitamingehalte wird von einem vom DAR nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Prüflabor nach folgenden Methoden durchgeführt:

**ζ-Tocopherol:** VDLUFA Methodenbuch Band III, 13.5.4 Bestimmung von Vitamin E, HPLC-Verfahren [VDLUFA 1993]

Analysenprinzip:

Die Analysen werden in einem abgedunkelten Raum durchgeführt.

Die Proben werden unter Rückfluss mit KOH-Lösung unter Stickstoffatmosphäre bei 80- 85 °C für 30 min verseift, unter fließend kaltem Wasser abgekühlt und mit Petrolether extrahiert. Nach Einengen des Extraktes wird der Rückstand in Methanol gelöst und, falls notwendig auf die entsprechende Konzentration verdünnt. Der Gehalt an ζ-Tocopherol wird per Umkehrphasen-HPLC unter Verwendung eines UV-Detektors (292 nm) oder Fluoreszenzdetektors (Ex 290 nm/Em 330 nm) bestimmt [VDLUFA 1993; Reutter 2003a; Reutter 2003b].

**η-Carotin:** DIN EN 12823-2 2000-07: Bestimmung von Vitamin A mit Hochleistungs-Flüssigchromatographie. Teil 2: Bestimmung von η-Carotin [DIN EN 12823-2 2000].

Analysenprinzip:

Die Analysen werden in einem abgedunkelten Raum durchgeführt.

Die Proben werden im Rückfluss mit KOH-Lösung unter Stickstoffatmosphäre bei 80- 85 °C für 30 min verseift, unter fließend kaltem Wasser abgekühlt und mit Diethyletherextrakt extrahiert. Die Messung erfolgt nach Auftrennung des Extraktes mittels HPLC über einen UV-Detektor bei 450 nm [DIN EN 12823-2 2000; Reutter 2003a; Reutter 2003b].

**Ascorbinsäure:** Hausmethode LUFA Kiel;

Analysenprinzip:

Die Analysen werden in einem abgedunkelten Raum durchgeführt.

Die Proben werden in tiefgekühlter Form zerhackt und anschließend homogenisiert. Die Ascorbinsäure wird mit einer 90 %igen Acetonitrillösung unter Zusatz von Isoascorbinsäure als internen Standard und dem stabilisierenden Einfluss von Cystein bei pH 4-5 aus dem Probengut extrahiert.

Die Messung erfolgt nach Auftrennung des Extraktes mittels HPLC an einer $NH_3$-Säule mit Vorsäule, mit in Serie geschaltetem UV-Detektor und elektrochemischen Detektor.

Die Auswertung erfolgt über die Peakhöhe mit externer Kalibrierung mit Ascorbinsäure, jeweils bezogen auf den inneren Standard Isoascorbinsäure [IZ-LUFA-ITL 1999; Reutter 2003a].

**Tab. 3-12: Untersuchungsmethoden und Nachweisgrenzen der Vitaminanalysen [Reutter 2001a]**

| Vitamin | Methode | Nachweisgrenze (mg/100g) |
|---|---|---|
| Ascorbinsäure | HPLC-Hausmethode LUFA Kiel 230-21-0 | 1 mg/100 g |
| ζ-Tocopherol | HPLC-VDLUFA Bd. III, Kap. 13.5.4 | 0,1 mg/100 g (ber. als ζ-Toc.-Acetat) |
| η-Carotin (all-trans+cis) | DIN EN 12823-2 2000-07 | 0,02 mg/100 g |

Die Bestimmung der **Rohasche** für die Versuchsreihe B und C wird ebenfalls im oben genannten Labor anhand der VDLUFA-Methode durchgeführt [VDLUFA 1976].

Analysenprinzip:

Es werden ca. 5 g der Probe auf 1 mg genau in eine vorher geglühte und tarierte Veraschungsschale eingewogen. Die Proben werden zuerst auf einer Heizplatte vorverascht und dann bei 550 °C im Muffelofen so lange belassen, bis eine weiße, hellgraue oder rötliche Asche entsteht, die praktisch frei von Kohlepartikeln ist. Anschließend wird die Schale in einen Exsikator gestellt und sofort nach dem Abkühlen gewogen [VDLUFA 1976].

Für die Versuchsreihe A wird die Bestimmung eigenständig in Kooperation mit dem Staatlichen Untersuchungsamt Hessen (SUAH) durchgeführt.

Hierbei wird ebenfalls nach der VDLUFA-Methode gearbeitet, jedoch mit dem Unterschied, dass Magnesiumacetat als Veraschungshilfe zugesetzt wird.

## *3.7 Berechnung der Masseveränderung*

In Abhängigkeit von Gargut und Garverfahren treten unterschiedliche Masseveränderungen beim Garen auf, welche vor allem bei der Ermittlung der Vitaminerhaltung und der Ausbeutebestimmung eine Rolle spielen.
Bei den beschriebenen Versuchen wird die Masse der Lebensmittel jeweils vor und nach dem Garen ermittelt, so dass die prozentuale Masseveränderung mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden kann:

$$\text{Masseveränderung \%} = \frac{Endmasse\ 4\ Anfangsmasse}{Anfangsmasse} * 100$$

Die Tabellen mit den Masseveränderungen befinden sich in Kapitel A-3 im Anhang.

## *3.8 Berechnung der Vitamin- und Rohaschegehalte*

Um die in den gegarten Proben ermittelten Vitamin- und Aschegehalte besser miteinander vergleichen zu können, werden sie um die Masseveränderung beim Garen korrigiert und somit auf die Anfangsmasse der ungegarten Probe bezogen.
Die Tabellen mit den korrigierten Vitamin- und Aschegehalten befinden sich in Kapitel A-5 im Anhang.

## *3.9 Sensorische Bewertung*

### 3.9.1 Prüfergruppe

Die sensorischen Prüfungen werden von einer Dreiergruppe (Versuchsreihe A und B) bzw. Vierergruppe (Versuchsreihe C) durchgeführt. Die Prüfer verfügen über fundiertes Wissen im Bereich sensorischer Prüfungen und erfüllen die in der Norm DIN 10961 aufgelisteten Kriterien wie:

- Verantwortungsbewusstsein,
- Zuverlässigkeit,
- Konzentrationsfähigkeit,
- Sensorisches Gedächtnis und
- Bereitschaft zur Zusammenarbeit [DIN 10961 1996].

Die DIN Norm zur Bewertenden Prüfung mit Skale gibt an, dass bei diesem Prüfverfahren üblicherweise mindestens 5 geschulte Prüfpersonen eingesetzt werden [DIN 10952 1978].

Die vorliegende Studie wird aber nur mit drei bzw. vier Prüfpersonen durchgeführt, bei denen zum einen sichergestellt werden kann, dass die zuvor genannten Kriterien auf sie zutreffen und sie zum anderen bereits praktische Erfahrungen im Bereich der Sensorik und der hier verwendeten Garverfahren besitzen.

### 3.9.2 Prüfraum

Die sensorische Prüfung wird im Seminarraum der Professur für Haushaltstechnik (Braugasse 7, 1. Stock) der Justus-Liebig-Universität durchgeführt. Das Ambiente ist störungsfrei, die Arbeitsflächen sind weiß und geprüft wird bei künstlichem Licht.

Die Vorbereitung der Prüfproben erfolgt im haushaltstechnischen Labor im Souterrain desselben Gebäudes, um im Prüfraum vor und während der Prüfung weitgehend Geruchsneutralität zu gewährleisten. Die Prüfplätze sind mit Protokollformularen, Gläsern für Wasser zum Neutralisieren, Tellern und Besteck ausgestattet (siehe Abb. 3-8). Die Zeitabstände zwischen den einzelnen Prüfungen sind konstant.

**Abb. 3-8: Prüfplatz [Foto: Loh 2003]**

### 3.9.3 Prüfmethode

Die sensorische Prüfung erfolgt mittels "Bewertender Prüfung mit Skale“ unter Vergleich von drei Prüfmustern. Die Prüfpersonen erhalten in regelmäßigen Zeitabständen Proben des gleichen Gemüses, welches jedoch nach unterschiedlichen Verfahren gegart ist. Dabei wird jedes Garverfahren dreimal wiederholt. Geprüft werden die Merkmale Farbe, Form, Geschmack und Textur.

Die Prüfbogen sind individuell an die entsprechenden Lebensmittel angepasst (siehe Kap. A-2 im Anhang).

Alle Merkmale gehen mit gleicher Gewichtung in die Bewertung ein. Es wird anhand einer 6er Skale geprüft, d. h. für jedes Merkmal können maximal 6 Punkte vergeben werden (siehe Tab. 3-13 und 3-14). Die Verwendung einer 6er statt einer 9er Skale (vgl. Kap. 2.3.3) ist für die Bewertung von Einkomponenten-Prüfobjekten ausreichend [Ziems 2002].

Die Gesamtnote wird aus den Noten der einzelnen Merkmale gebildet.

Auf die gesonderte Bewertung des Geruchs wird verzichtet, stattdessen wird nur der Geschmack bewertet, da sich der Geruch von diesem sowieso nicht eindeutig trennen lässt und bei der sensorischen Bewertung dieser beiden Merkmale eine eindeutige Korrelation auftreten kann [Rumm-Kreuter 1982; Fricker 1984].

**Tab. 3-13: Zusammenhang zwischen Skalenbereich und Qualität [nach DIN 10952]**

| Punkte | Qualitätsanforderung | Merkmalseigenschaft | Qualitätsbereich |
|---|---|---|---|
| 6 | erfüllt | erwünscht | hohe Qualität |
| 5 | | | |
| 4 | bedingt erfüllt | tolerierbar | mittlere Qualität |
| 3 | | | |
| 2 | nicht erfüllt | unerwünscht | unzureichende Qualität |
| 1 | | | |

**Tab. 3-14: Zusammenhang zwischen Punktevergabe und zugehöriger Qualitätssaussage [nach DIN 10952]**

| Punkte | Aussage |
|---|---|
| 6 | volle Erfüllung der Erwartungen |
| 5 | geringe Abweichungen |
| 4 | merkliche Abweichungen |
| 3 | deutliche Fehler |
| 2 | starke Fehler |
| 1 | völlig verändert |

### 3.9.4 Wahl des statistischen Verfahrens

Die Bewertenden Prüfung mit Skale entspricht in ihrem Aufbau einer Ordinalskale. Das heißt, dass die Skale mit zunehmender Qualität unter Verwendung ganzer Zahlen ansteigt. Die Zahlen geben Bereiche der Skale wieder, es sind im mathematischen Sinn „Klassenmitten“ [Fricker 1984]. Auf diesem Messniveau erhobene Daten lassen sich mit Hilfe von nichtparametrischen bzw. parameterfreien Verfahren statistisch auswerten [Siegel 1976; Köhler 1995; Lawless 1998].

Die Prüfpersonen bewerten den Einfluss verschiedener Garverfahren auf Farbe, Geschmack, Form und Textur von Gemüse. Da die Prüfpersonen allen Versuchsbedingungen ausgesetzt werden, ist hier von einem Einfluss auf die Bewertungsdaten auszugehen, wodurch die Art der Stichprobe als „abhängig“ zu bezeichnen ist. Um diesen Einfluss im Testverfahren zu berücksichtigen, müssen alle Tests mit denselben Personen durchgeführt werden [Klatte-Siedler 1981].

Die Tests werden von drei (Versuchsreihe A und B) bzw. vier Prüfpersonen (Versuchsreihe C) durchgeführt und jeweils dreifach wiederholt. Die Stichprobe umfasst somit mehrere Proben.

Da sich die Prüfpersonen aus dem Mitarbeiterkreis der prüfenden Institution zusammensetzen und somit eine repräsentative Zusammensetzung ausgeschlossen werden kann, wird unterstellt, dass die Daten inhomogen und nicht normalverteilt sind, so dass bei der statistischen Auswertung nicht-parametrische Verfahren vorzuziehen sind [Baier 1986].

**Friedman-Test**

Liegen Daten aus mehreren abhängigen Stichproben mindestens auf Ordinalniveau vor, kann über die FRIEDMAN-Rangvarianzanalyse geprüft werden, ob die Stichproben signifikante Unterschiede aufweisen oder aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Hierfür werden die einzelnen Stichproben (=Bewertung der Prüfpersonen) in eine Rangfolge geordnet, um anschließend zu überprüfen, ob diese rein zufällig entstanden ist oder vom Einfluss der verschiedenen Bedingungen (=Garverfahren) abhängt. Für Verbundränge wird dabei der mittlere Rangplatz vergeben.
Der Friedmann-Test wird für jedes Gemüse und jedes Garverfahren durchgeführt. Dabei wird neben der Gesamtnote auch jedes einzelne Merkmal überprüft. Vor der Durchführung des eigentlichen Tests werden für jeden Prüfer aus den Noten der drei Wiederholungen Mittelwerte gebildet, die als Testgrundlage dienen [Siegel 1976; Rumm-Kreuter 1982; Sachs 1984; Köhler 1995; DIN 10963 1997; Lawless 1998].

**Vergleich zweier Prüfproben nach Friedmann-Test**

Wenn allgemeine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Proben nachgewiesen werden, können die Rangsummen jeder Prüfprobe dazu verwendet werden, um paarweise Unterschiede zwischen den Prüfproben zu identifizieren. Hierfür eignet sich der LSD-Test (=Grenzdifferenzen-Test) für Rangfolgen, bei dem die Grenzdifferenz in diesem Fall dem Ergebnis aus $1{,}96\sqrt{NK(K\ 2\ 1)/6}$ entspricht, wobei N für die Anzahl der Prüfpersonen und K für die Anzahl der Prüfproben steht. Besteht zwischen den Rangsummen zweier Prüfproben eine Differenz, deren Wert größer ist als die errechnete Grenzdifferenz, unterscheiden sie sich signifikant. Auf diese Weise kann mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 5 % eine hierarchische Reihenfolge der Prüfproben erstellt werden [DIN 10963 1997; Lawless 1998].

# 4 Ergebnisse

## *4.1 Sensorische Prüfung*

Die folgenden Abbildungen zeigen den Median der Noten aus den Prüfungen der einzelnen Merkmale und der sich daraus ergebenden Gesamtbewertung. Die Häufigkeitsverteilungen für die einzelnen Merkmale befinden sich im Anhang (Kap. A-4.1).

## Versuchsreihe A

### Broccoli

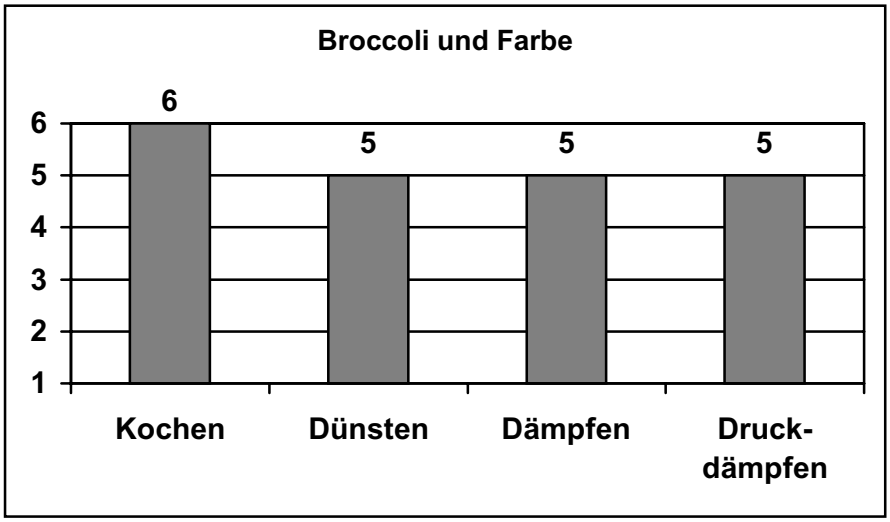



**Abb. 4-1: Broccoli und Farbe**

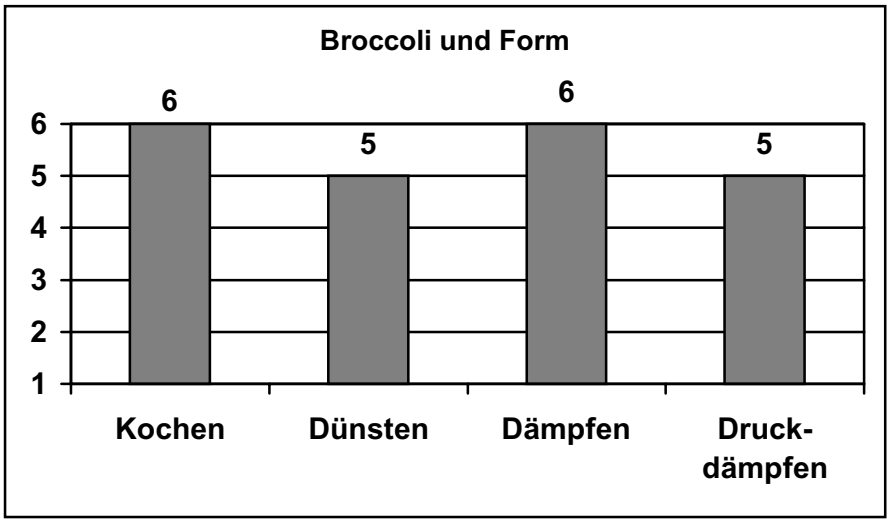



**Abb. 4-2: Broccoli und Form**

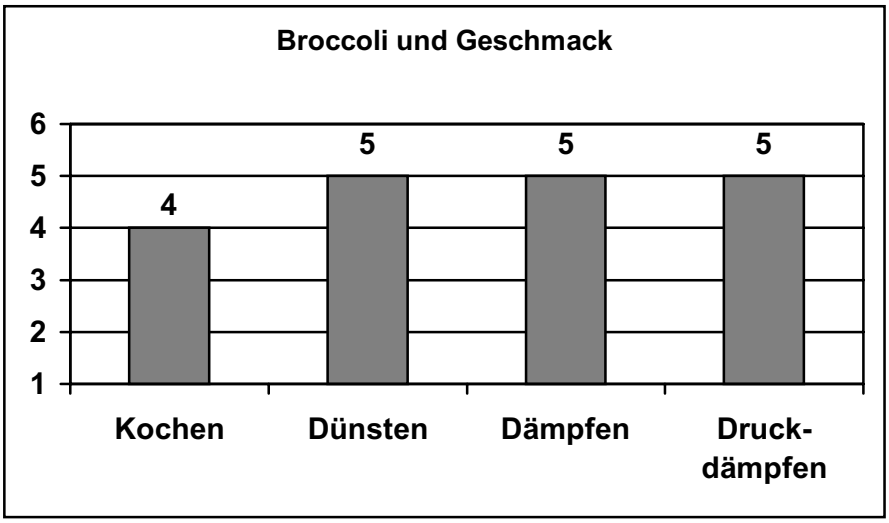



**Abb. 4-3: Broccoli und Geschmack**

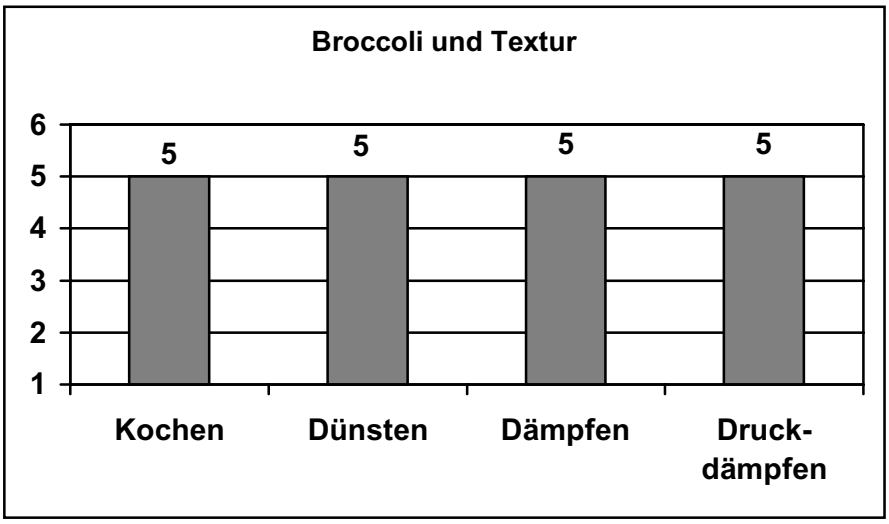



**Abb. 4-4: Broccoli und Textur**

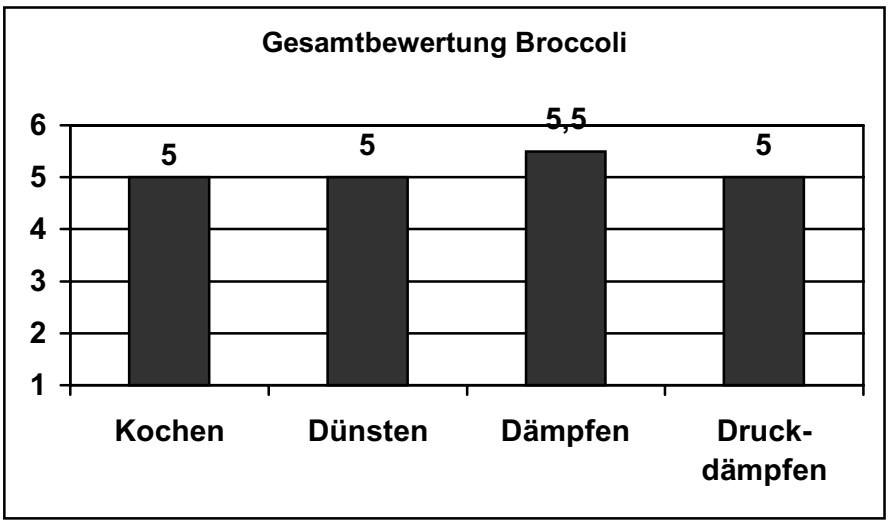



**Abb. 4-5: Gesamtbewertung Broccoli**

## Paprika

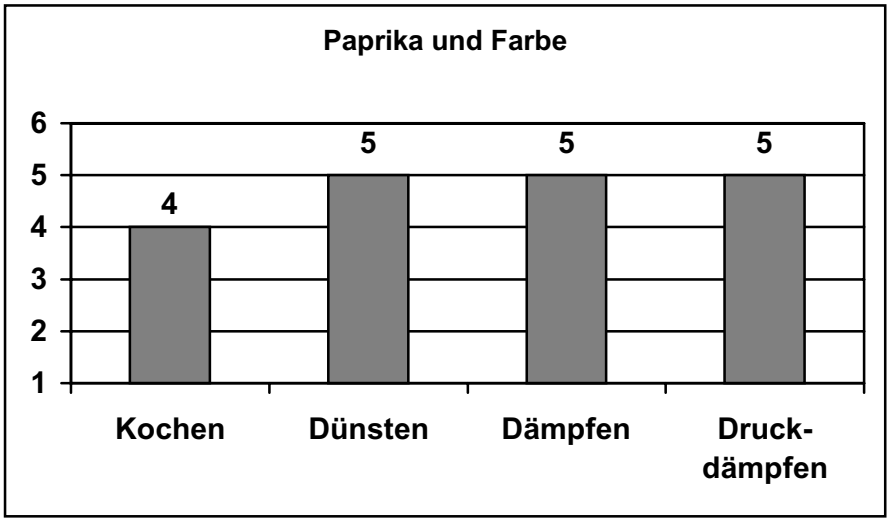



**Abb. 4-6: Paprika und Farbe**

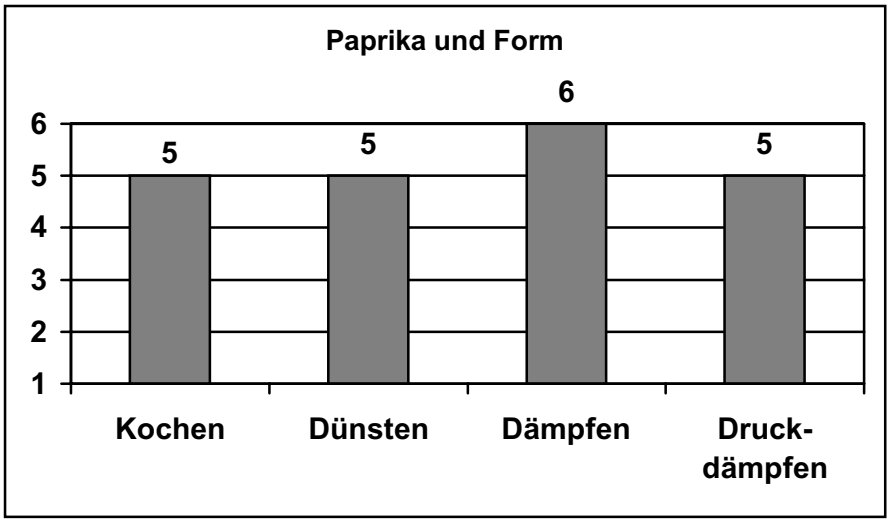



**Abb. 4-7: Paprika und Form**

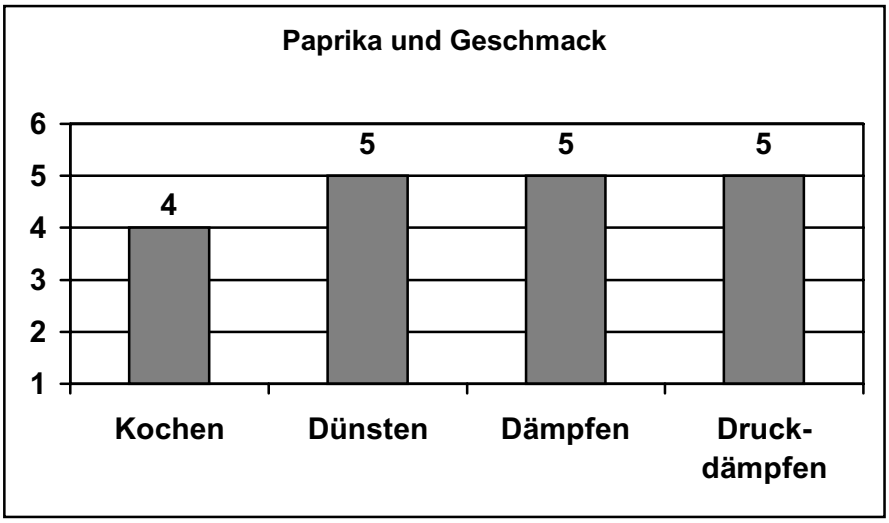



**Abb. 4-8: Paprika und Geschmack**

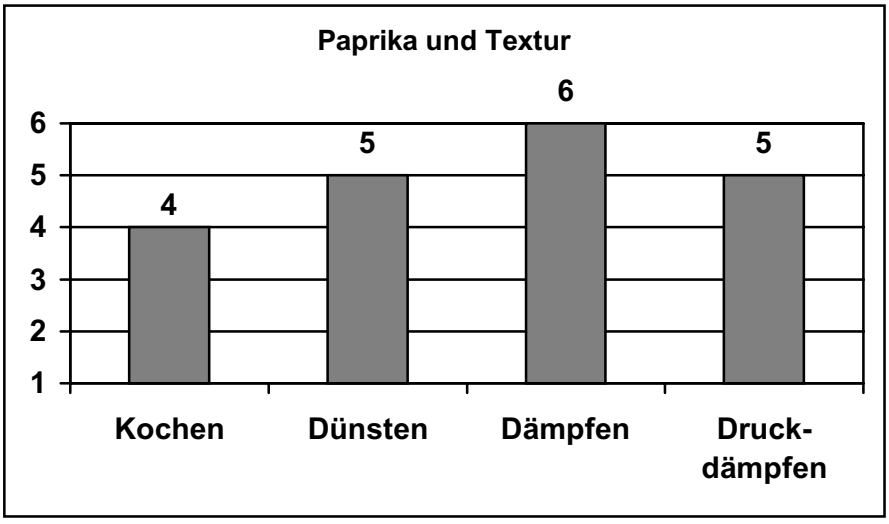



**Abb. 4-9: Paprika und Textur**

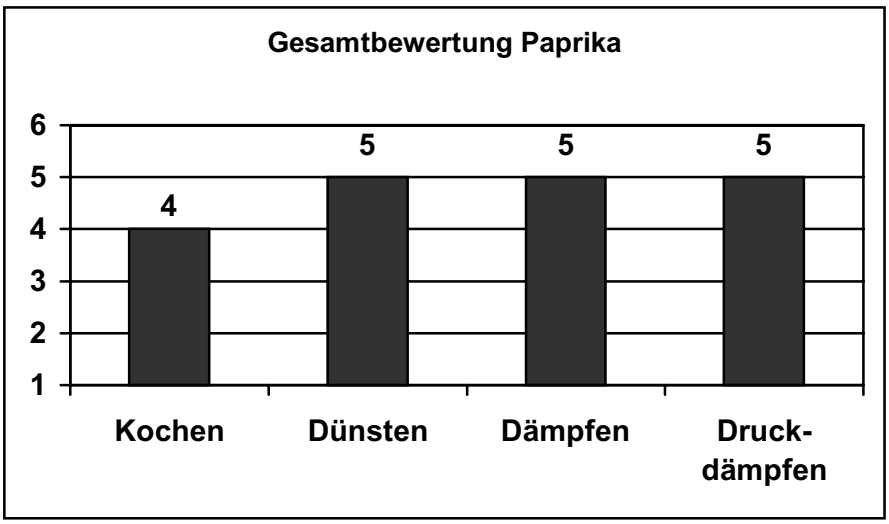



**Abb. 4-10: Gesamtbewertung Paprika**

## Karotten

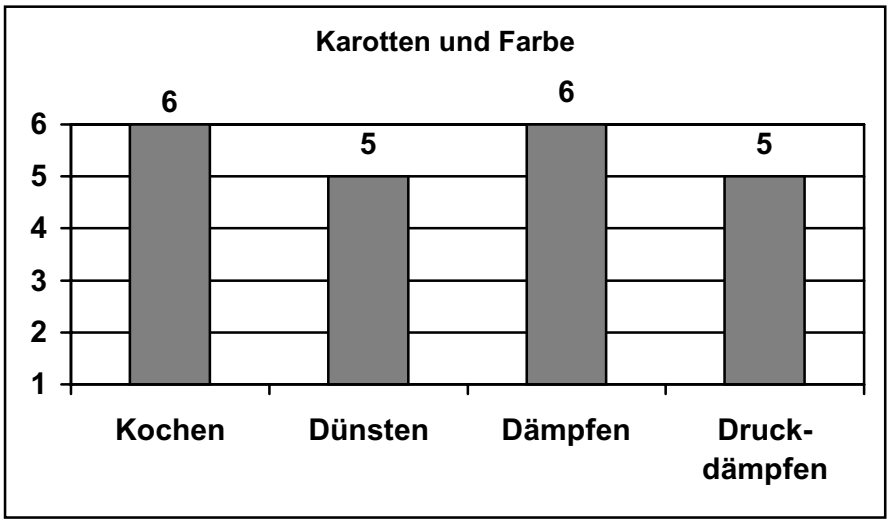



**Abb. 4-11: Karotten und Farbe**

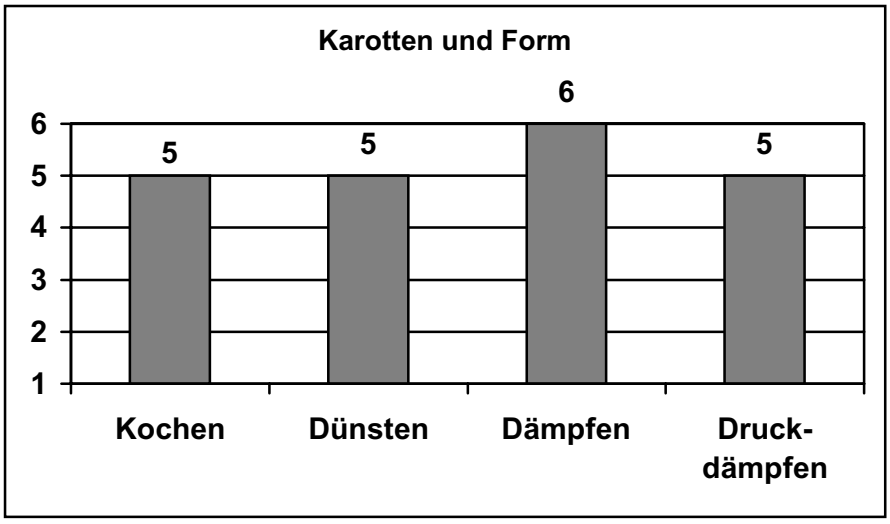



**Abb. 4-12: Karotten und Form**

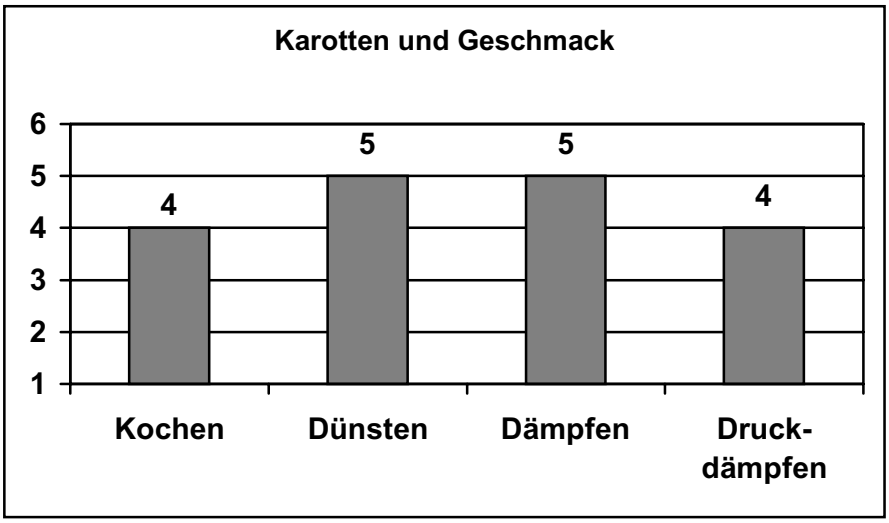



**Abb. 4-13: Karotten und Geschmack**

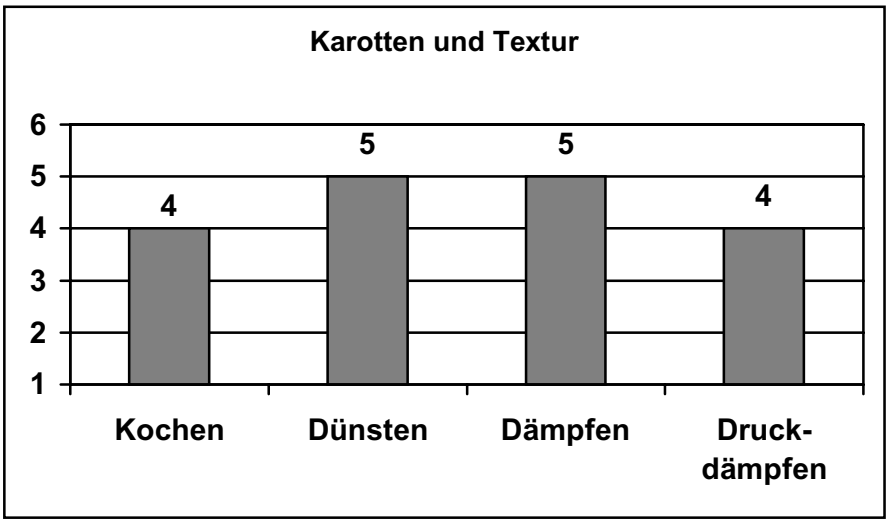



**Abb. 4-14: Karotten und Textur**

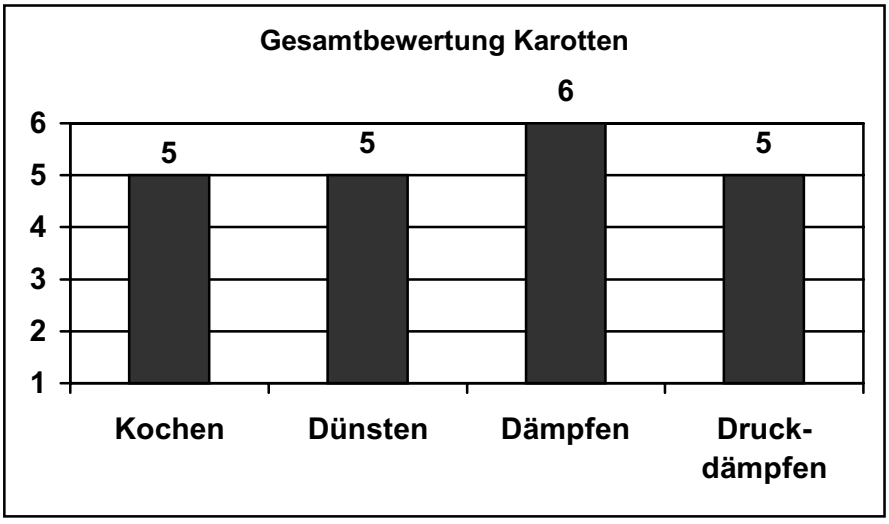



**Abb. 4-15: Gesamtbewertung Karotten**

## Kartoffeln

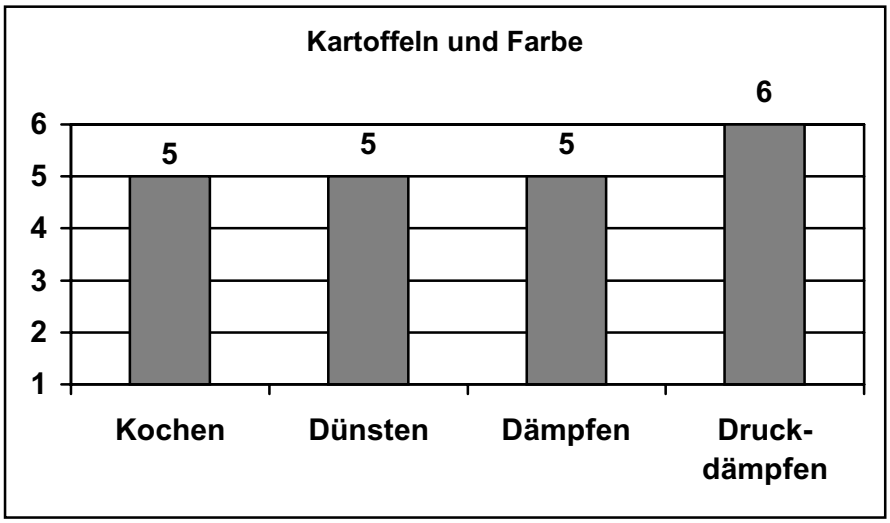



**Abb. 4-16 Kartoffeln und Farbe**

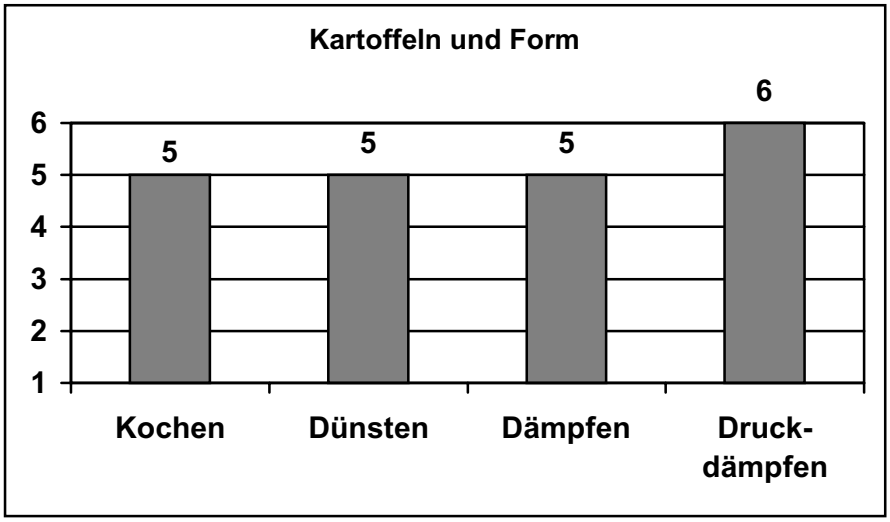



**Abb. 4-17: Kartoffeln und Form**

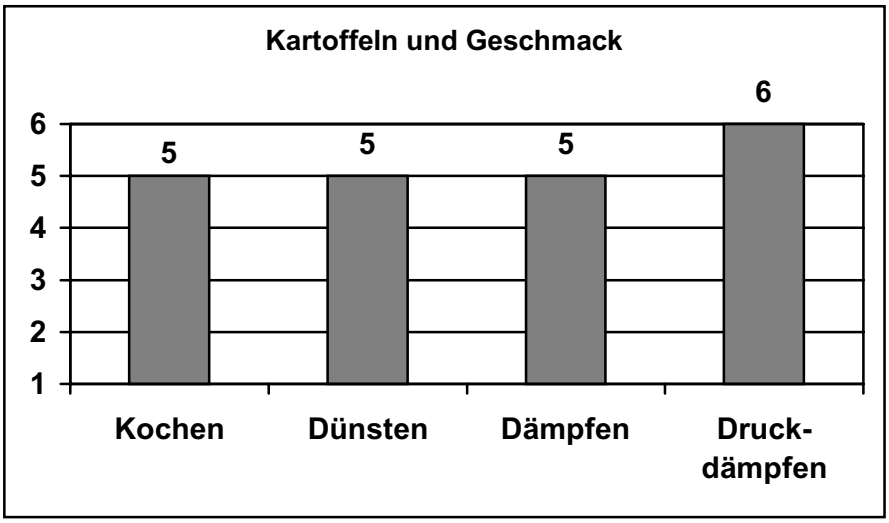



**Abb. 4-18: Kartoffeln und Geschmack**

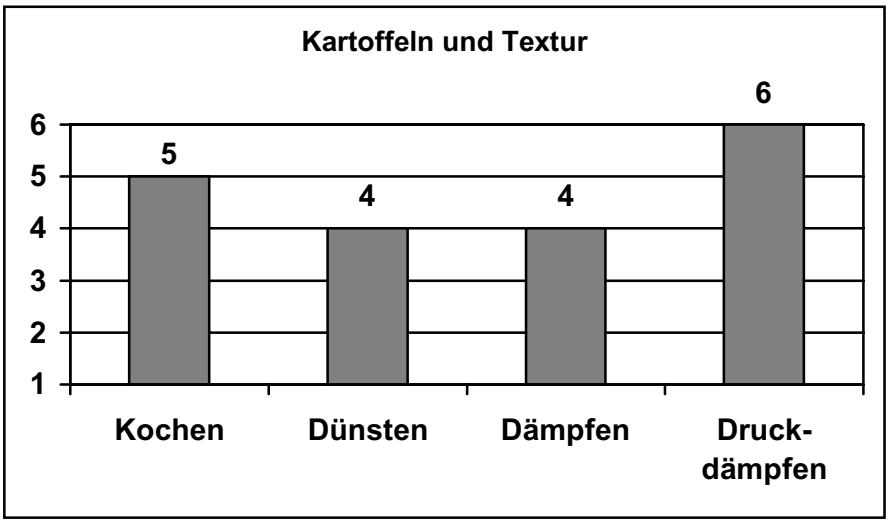



**Abb. 4-19: Kartoffeln und Textur**

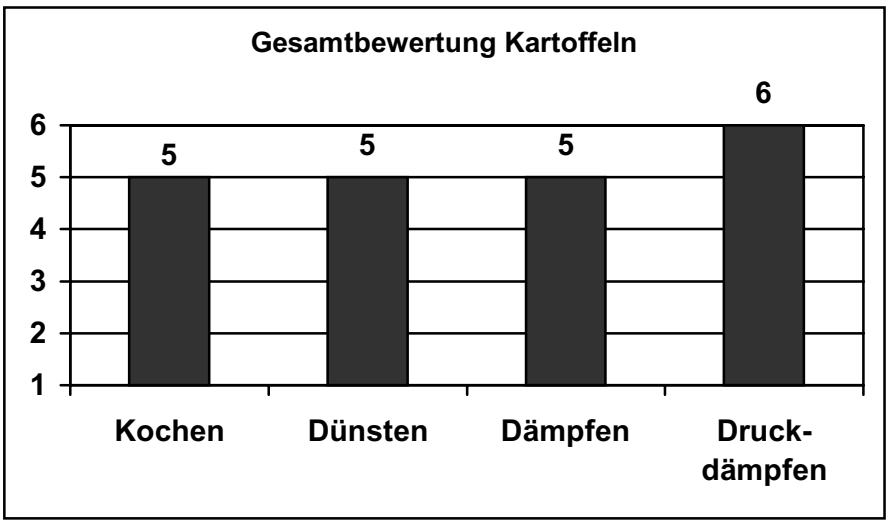



**Abb. 4-20: Gesamtbewertung Kartoffeln**

## Versuchsreihe B

### Paprika

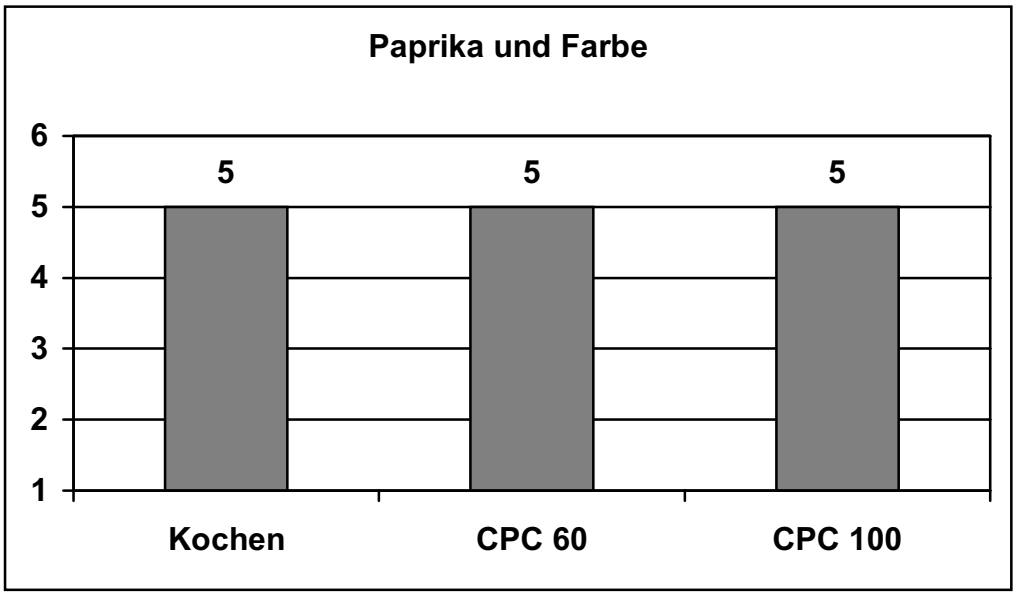



**Abb. 4-21: Paprika und Farbe**

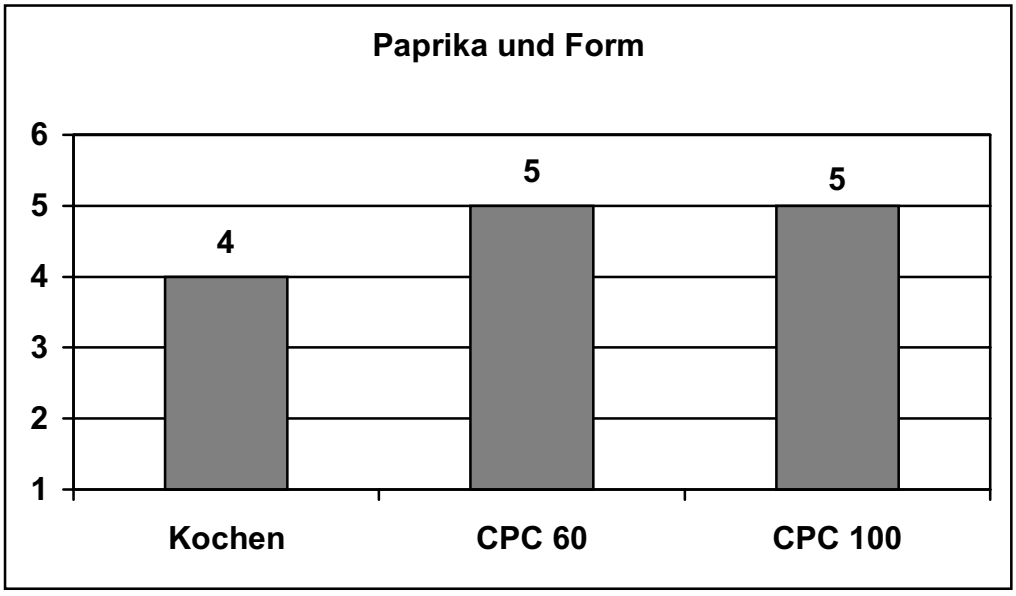



**Abb. 4-22: Paprika und Form**

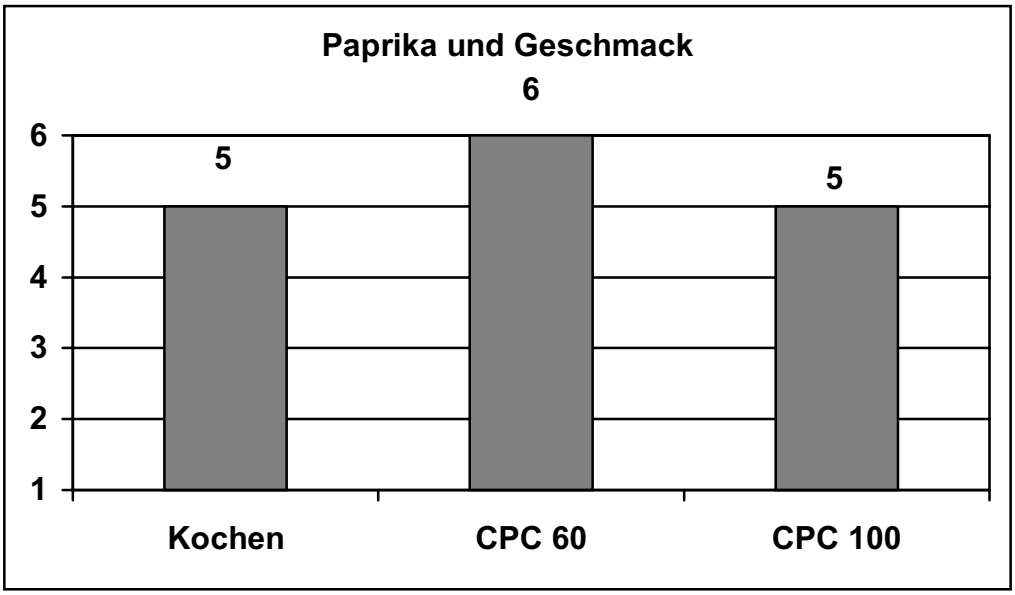



**Abb. 4-23: Paprika und Geschmack**

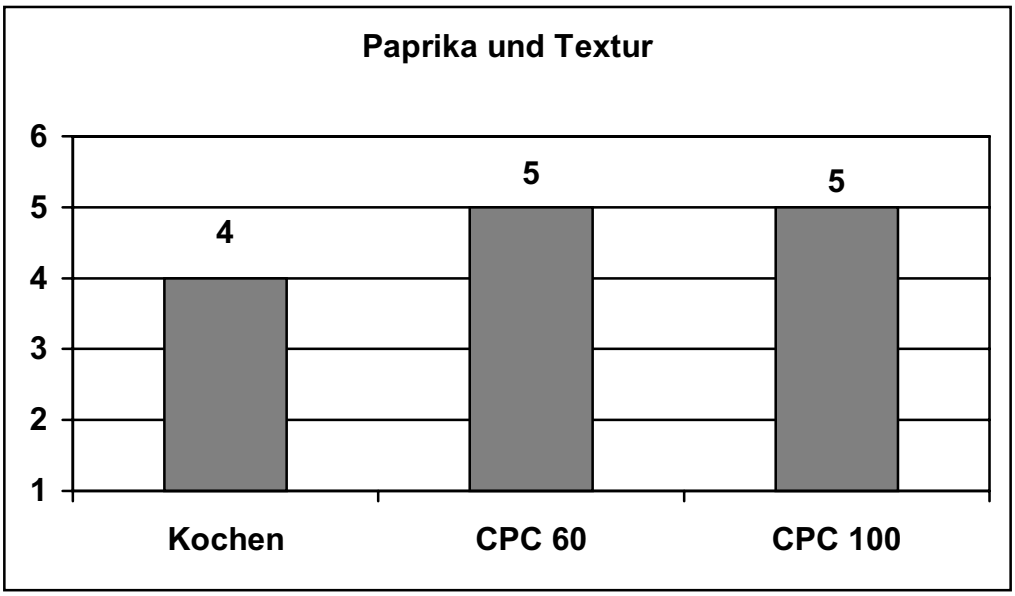



**Abb. 4-24: Paprika und Textur**

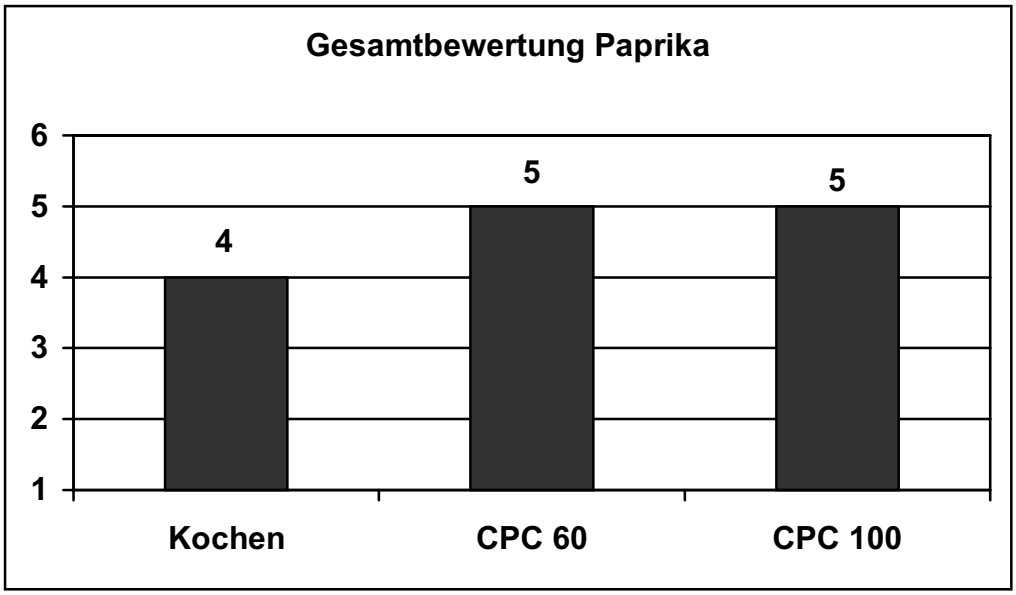



**Abb. 4-25: Gesamtbewertung Paprika**

## Karotten

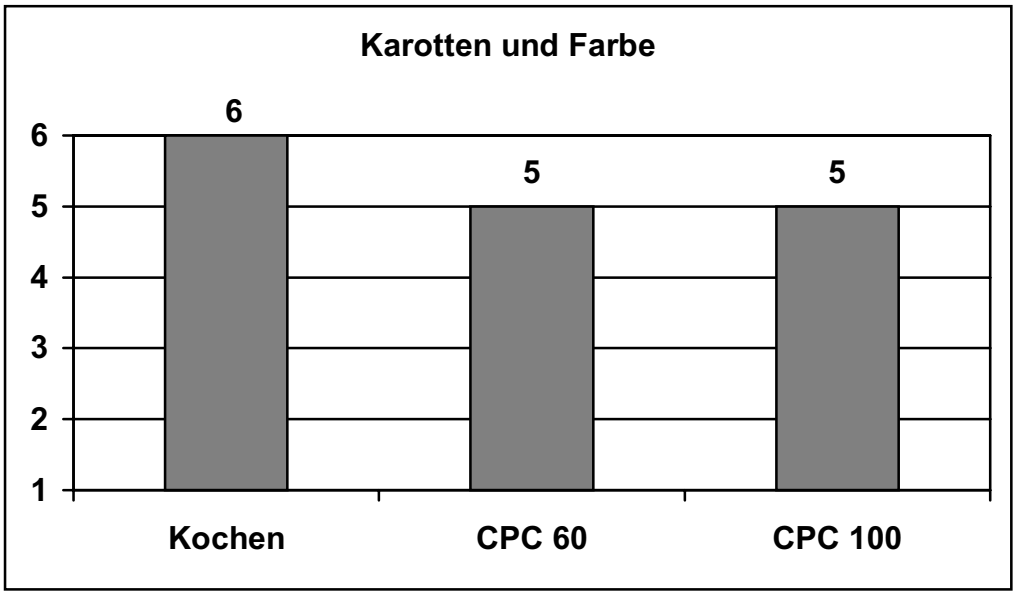



**Abb. 4-26: Karotten und Farbe**

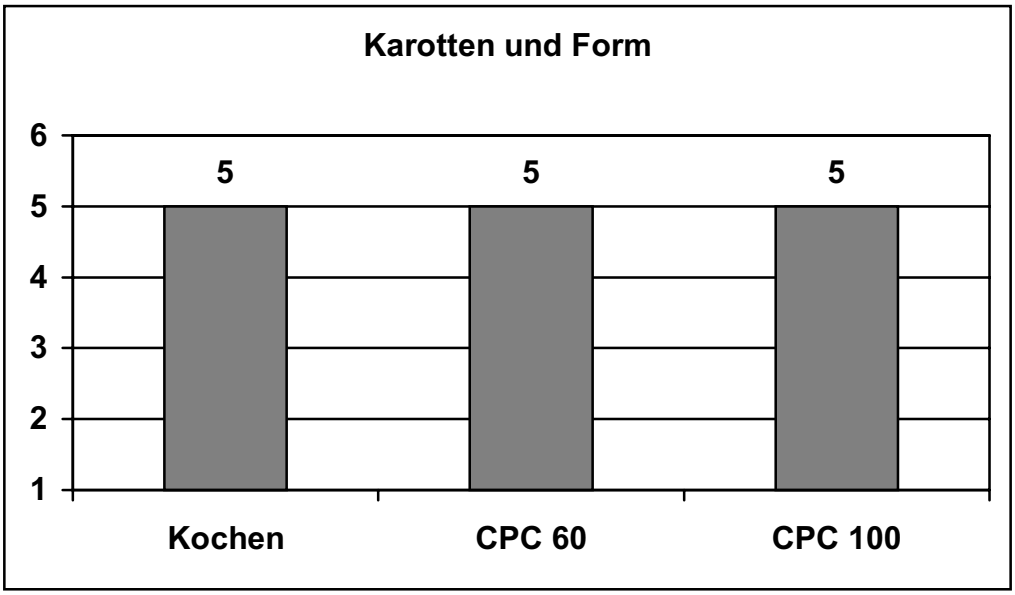



**Abb. 4-27: Karotten und Form**

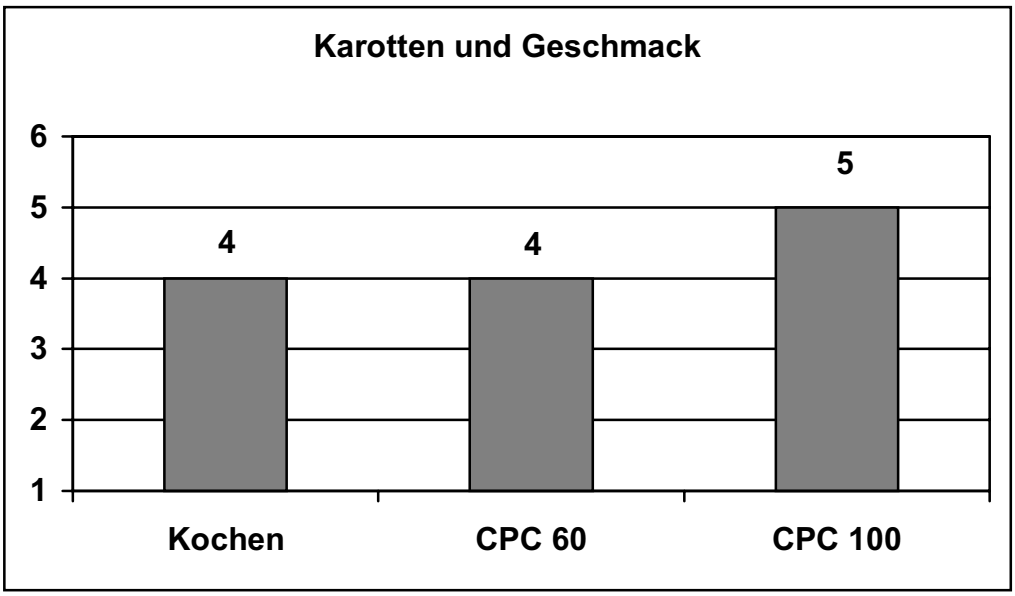



**Abb. 4-28: Karotten und Geschmack**

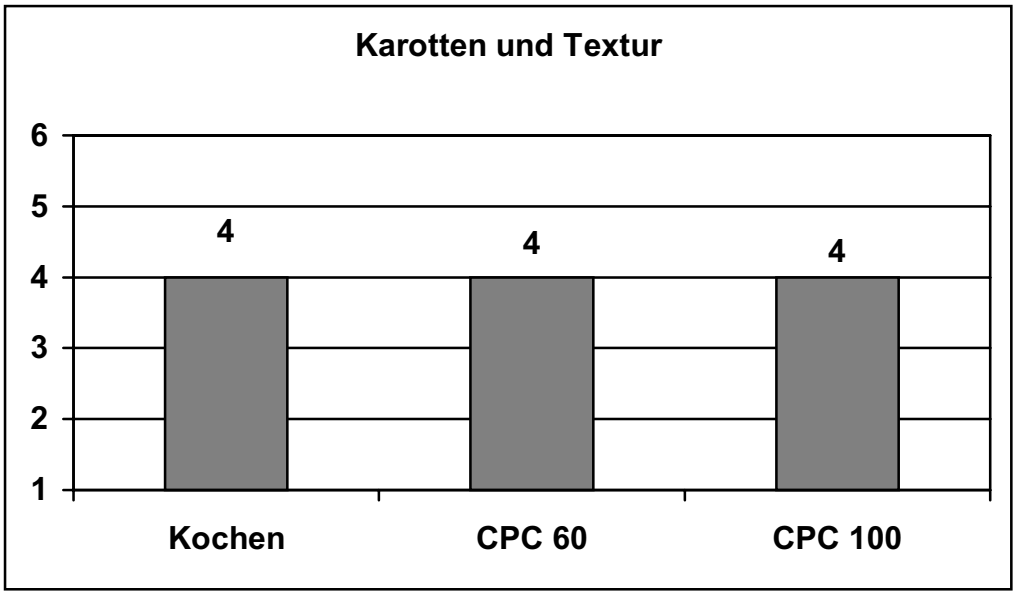



**Abb. 4-29: Karotten und Textur**

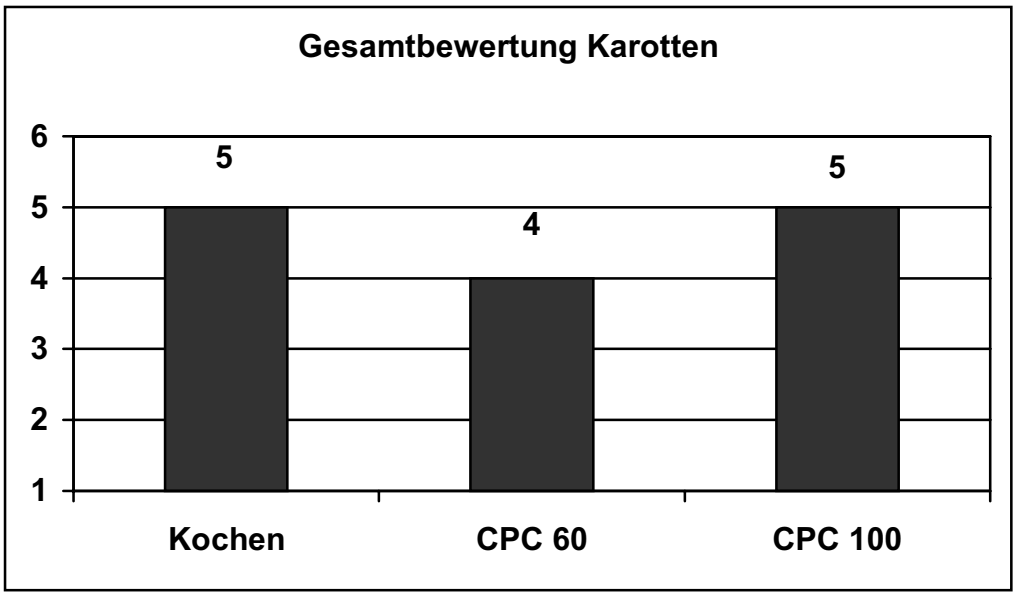



**Abb. 4-30: Gesamtbewertung Karotten**

## Versuchsreihe C

### TK-Broccoli

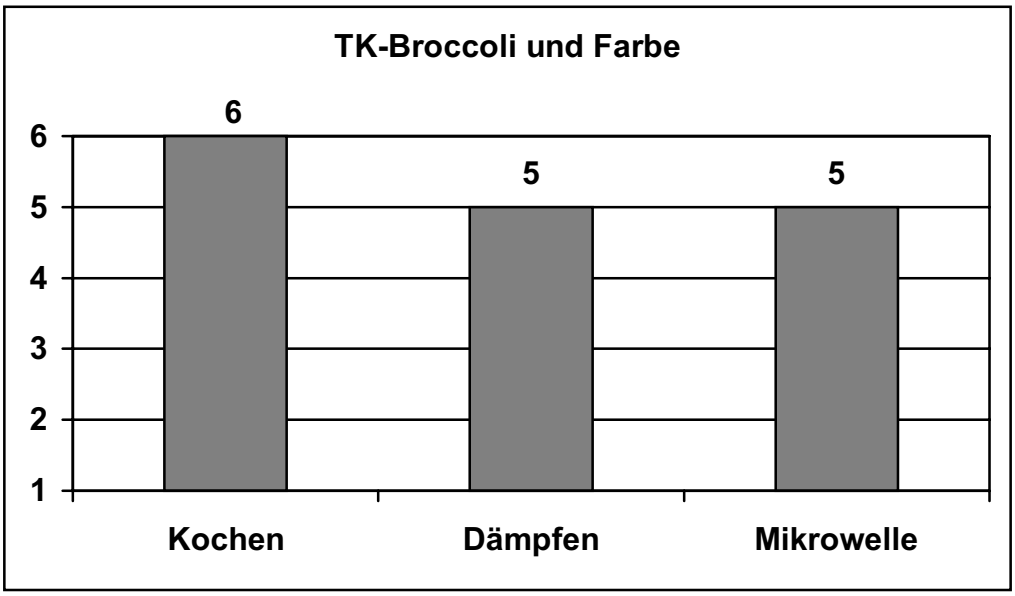



**Abb. 4-31: TK-Broccoli und Farbe**

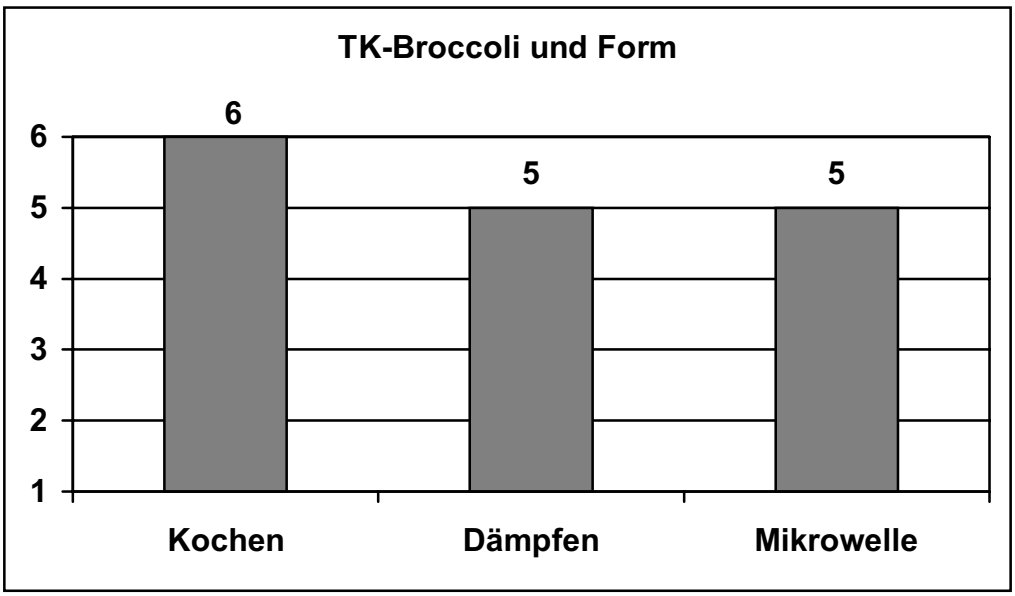



**Abb. 4-32: TK-Broccoli und Form**

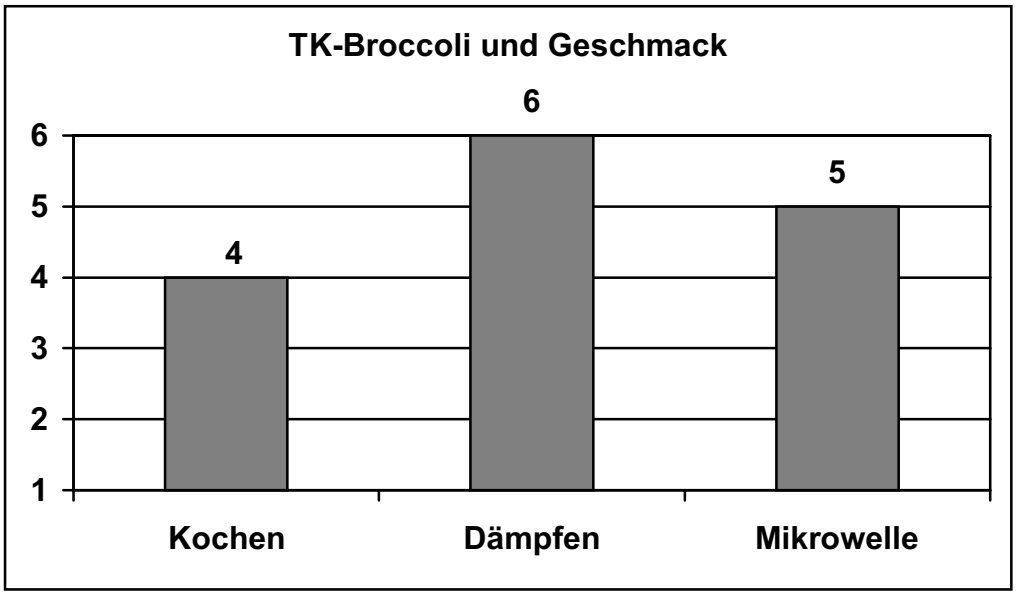



**Abb. 4-33: TK-Broccoli und Geschmack**

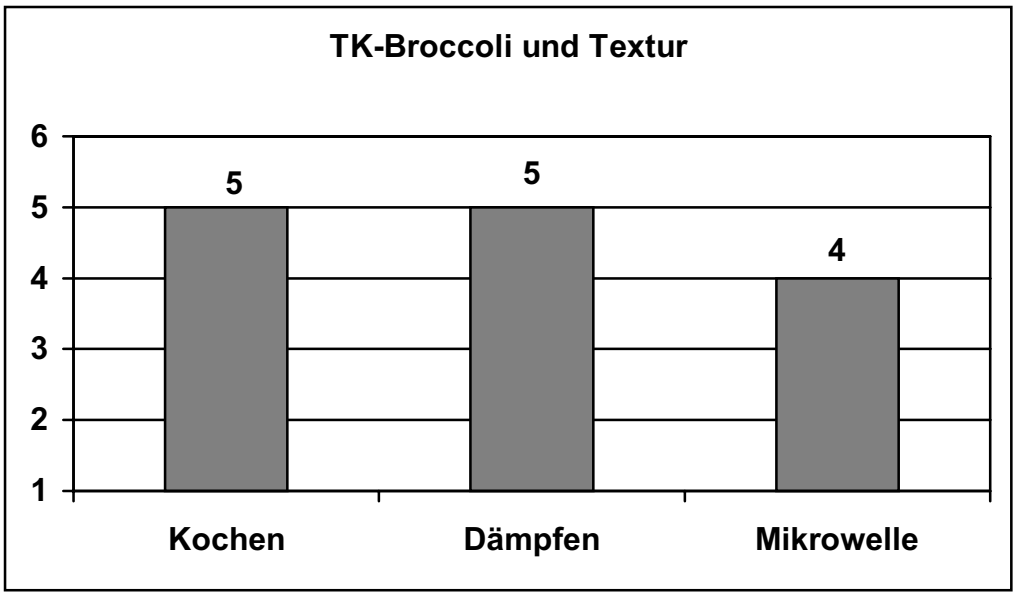



**Abb. 4-34: TK-Broccoli und Textur**

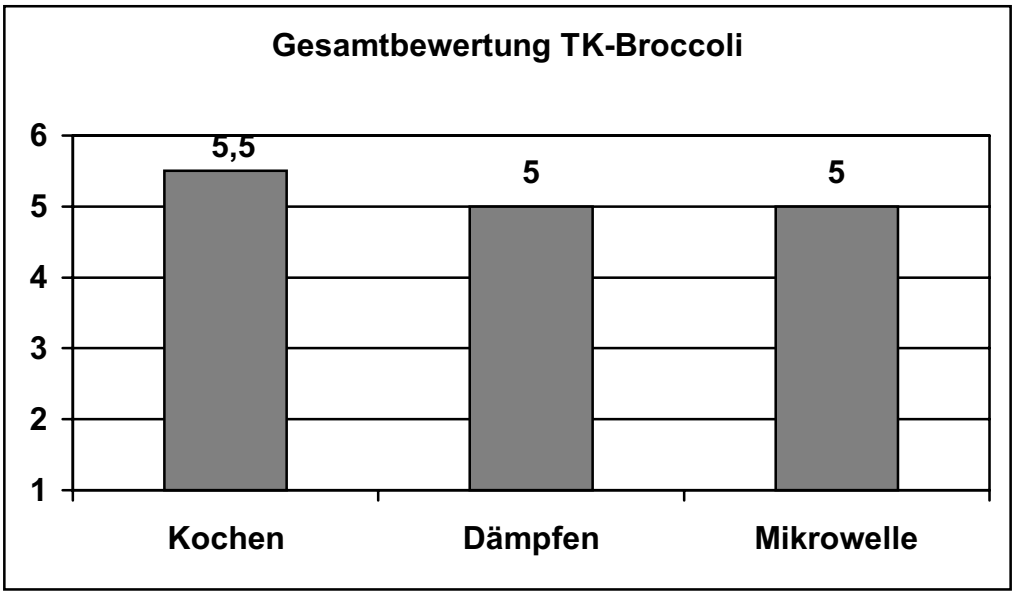



**Abb. 4-35: Gesamtbewertung TK-Broccoli**

## TK-Paprika

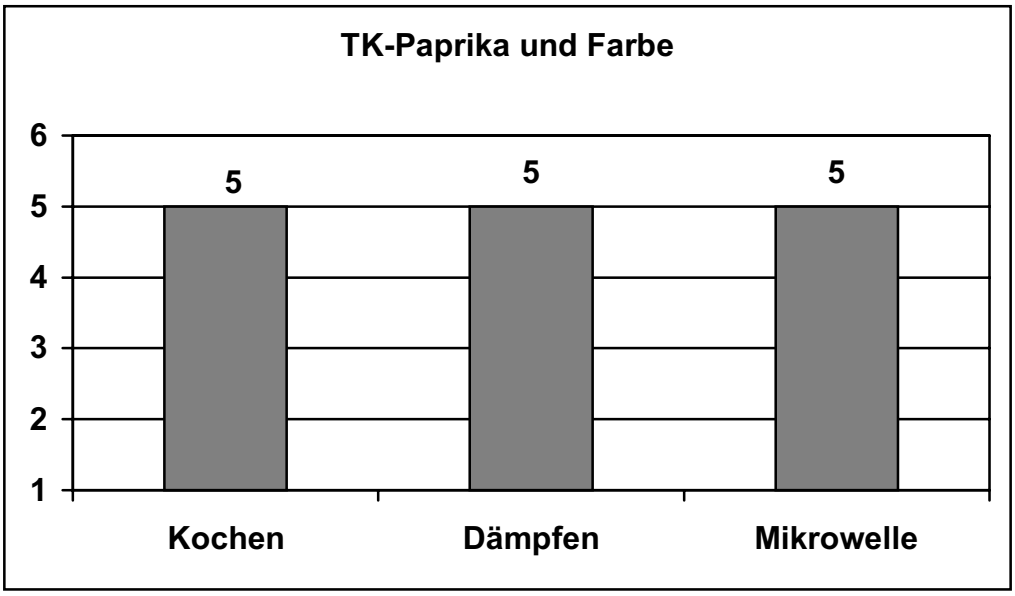



**Abb. 4-36: TK-Paprika und Farbe**

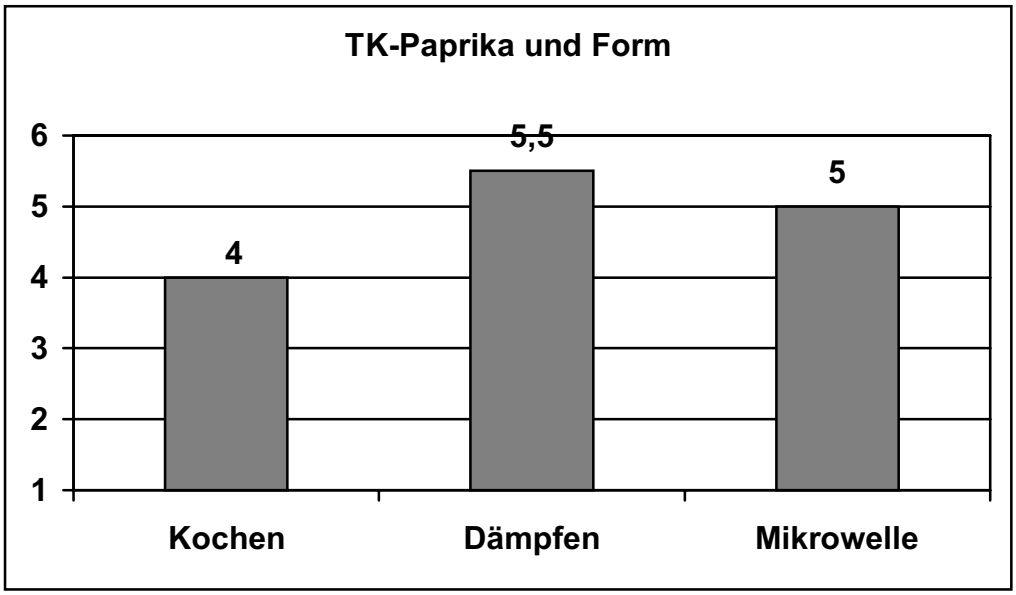



**Abb. 4-37: TK-Paprika und Form**

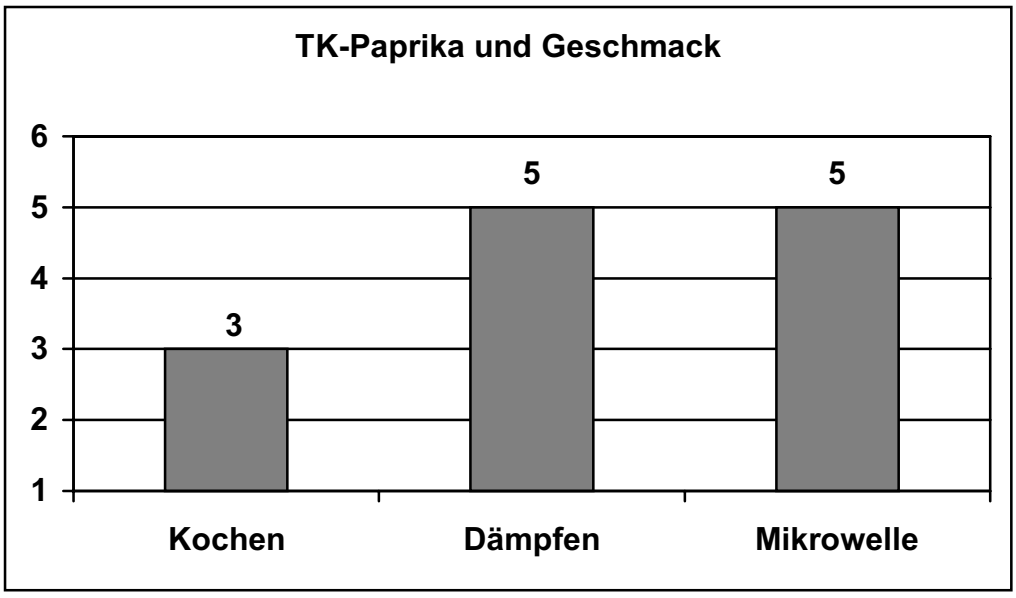



**Abb. 4-38: TK-Paprika und Geschmack**

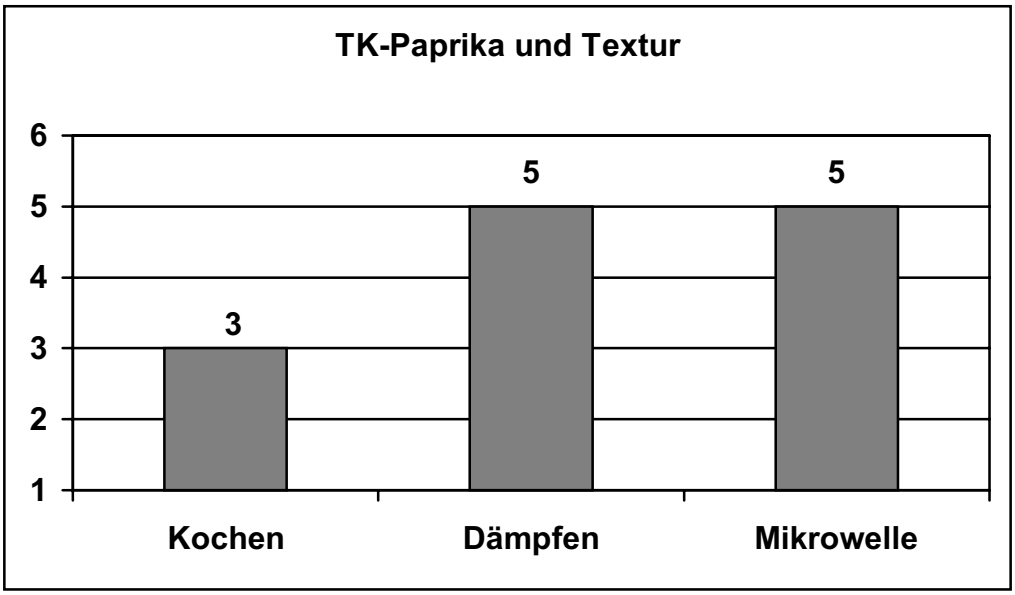



**Abb. 4-39: TK-Paprika und Textur**

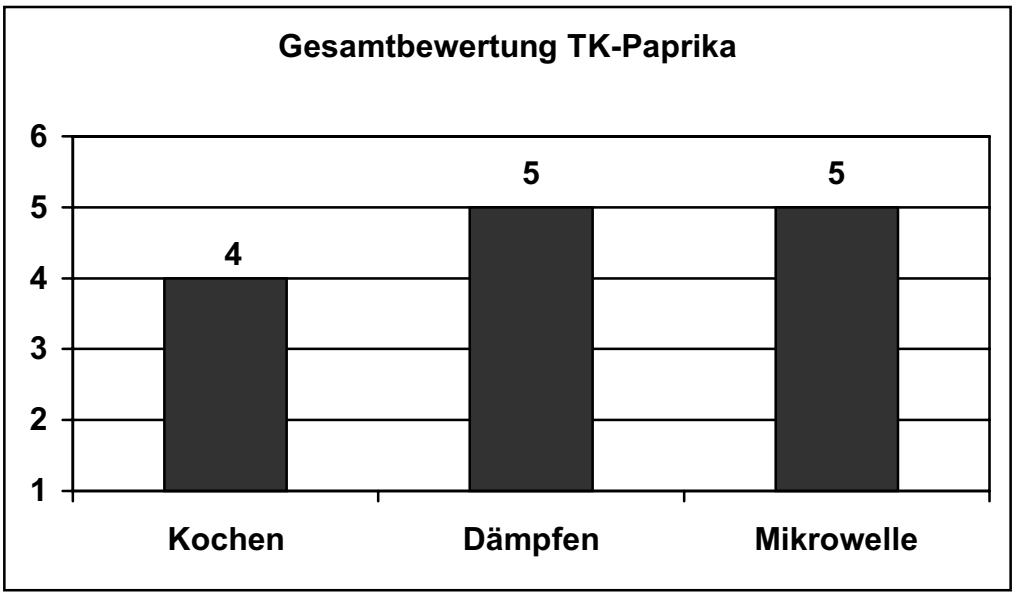



**Abb. 4-40: Gesamtbewertung TK-Paprika**

## *4.2 Masseveränderungen*

## Versuchsreihe A

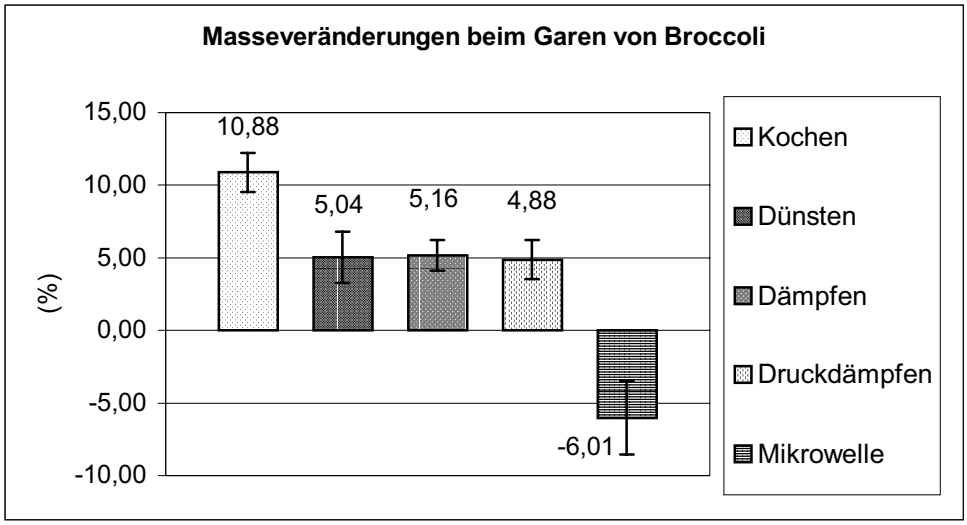



**Abb. 4-41: Masseveränderungen beim Garen von Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

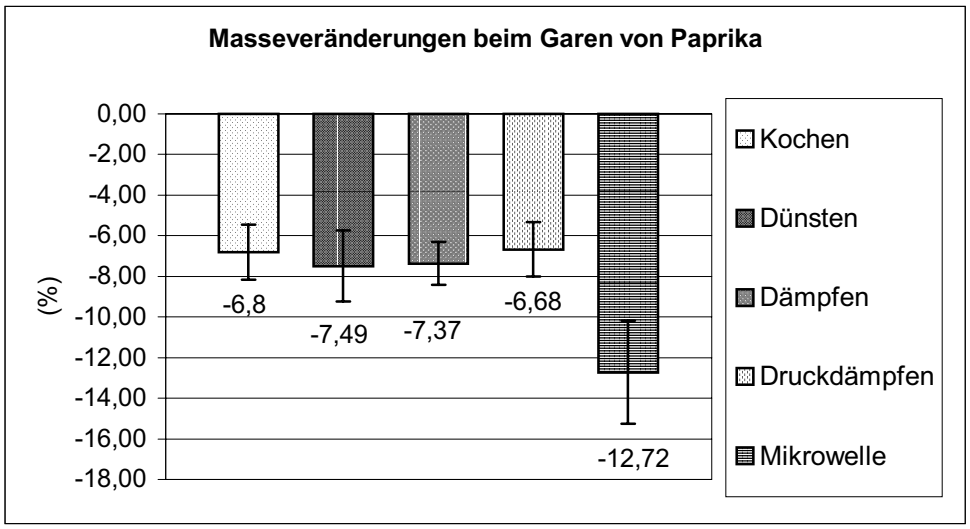



**Abb. 4-42: Masseveränderungen beim Garen von Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

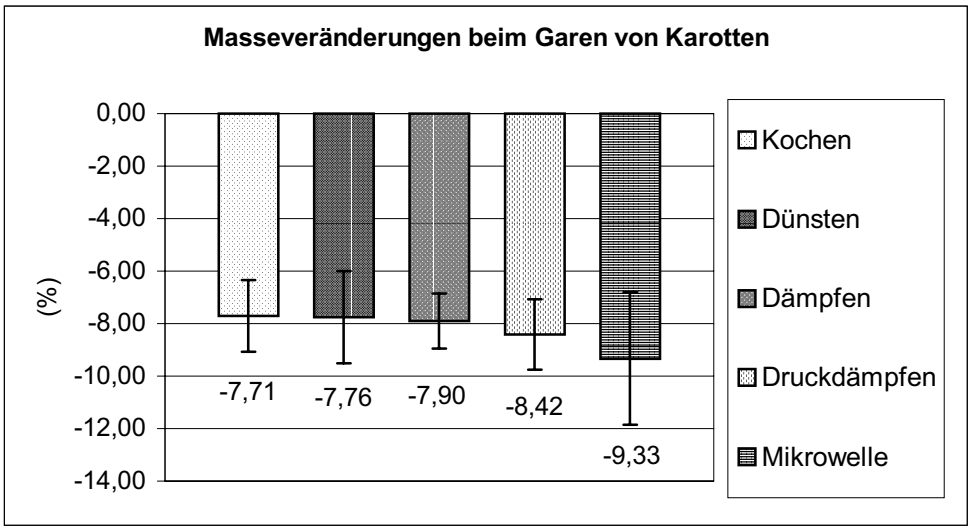



**Abb. 4-43: Masseveränderungen beim Garen von Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

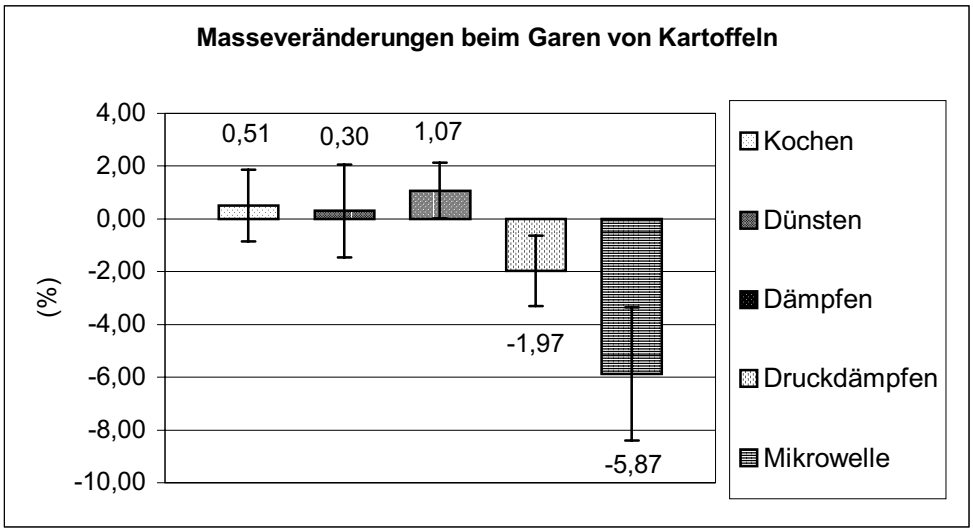



**Abb. 4-44: Masseveränderungen beim Garen von Kartoffeln ($\bar{x} \pm s$)**

## Versuchsreihe B

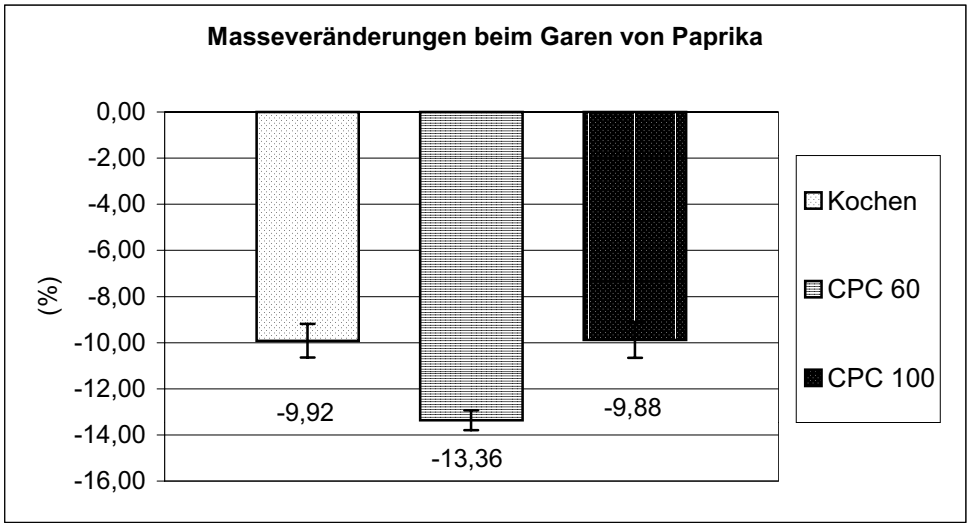



**Abb. 4-45: Masseveränderungen beim Garen von Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

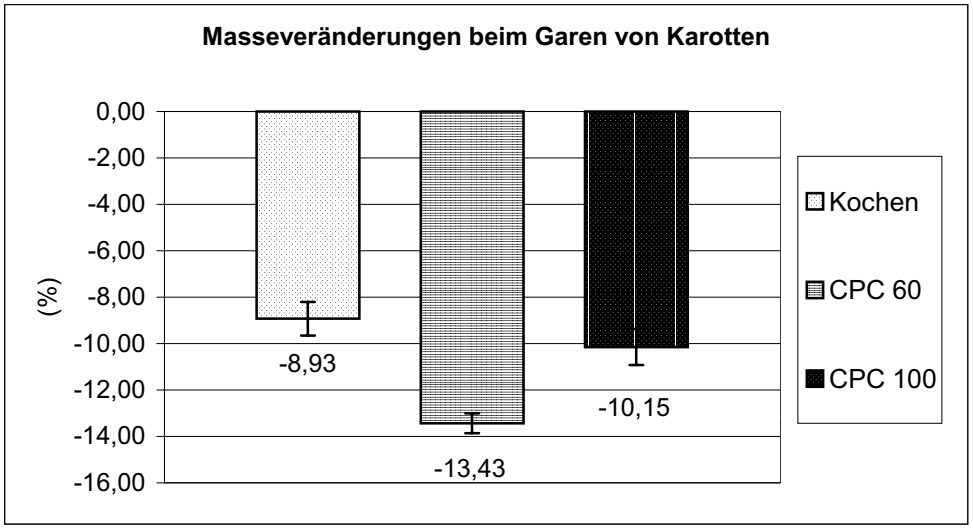



**Abb. 4-46: Masseveränderungen beim Garen von Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

## Versuchsreihe C

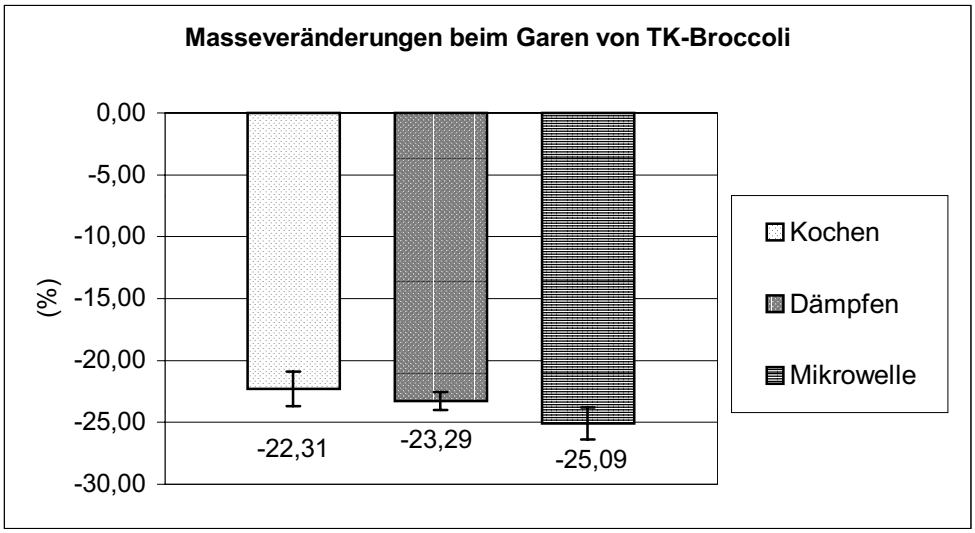



**Abb. 4-47: Masseveränderungen beim Garen von TK-Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

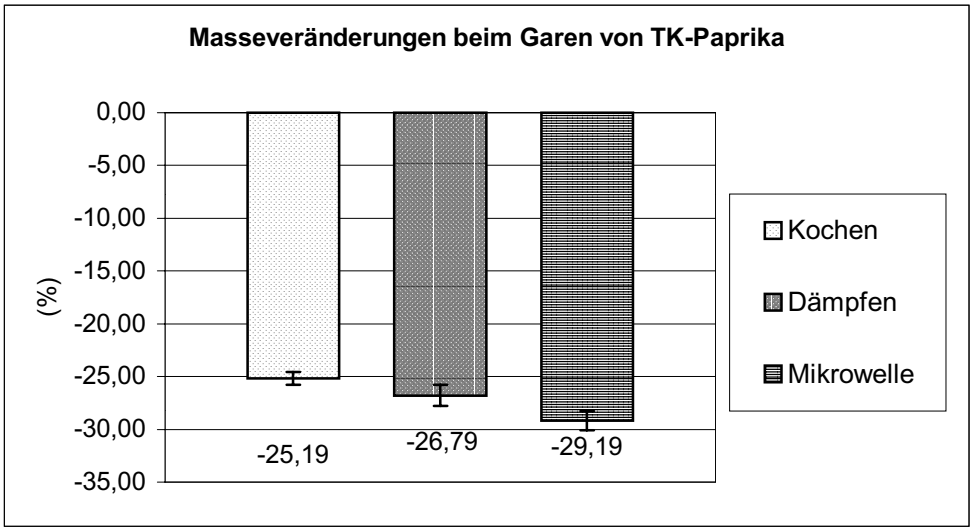



**Abb. 4-48: Masseveränderungen beim Garen von TK-Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

## *4.3 Vitamin- und Rohascheanalytik*

## Versuchsreihe A

### Broccoli

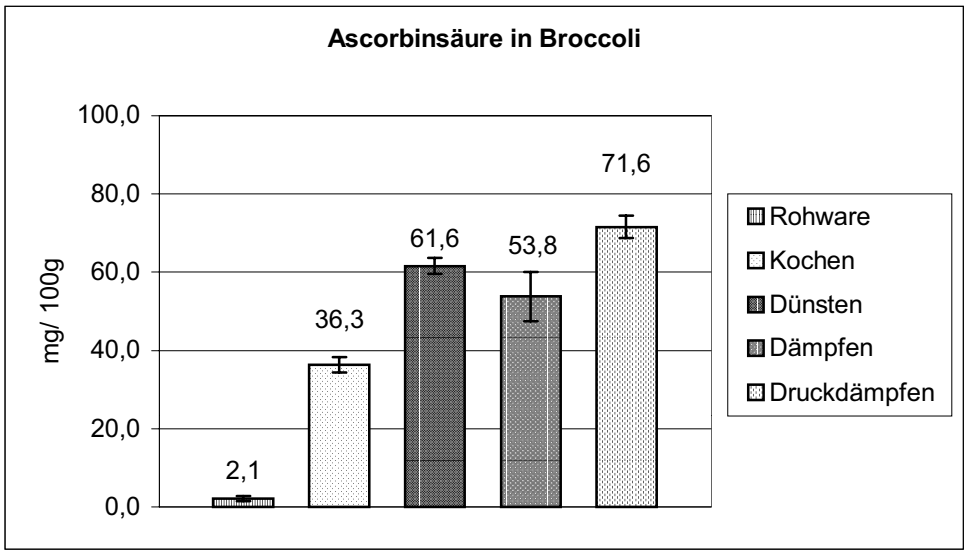



**Abb. 4-49: Ascorbinsäure in Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

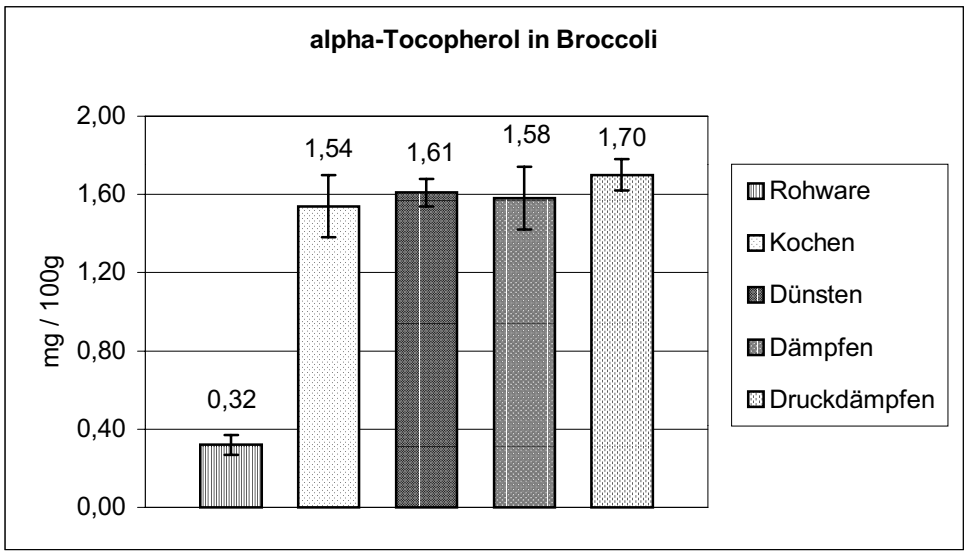



**Abb. 4-50: ζ-Tocopherol in Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

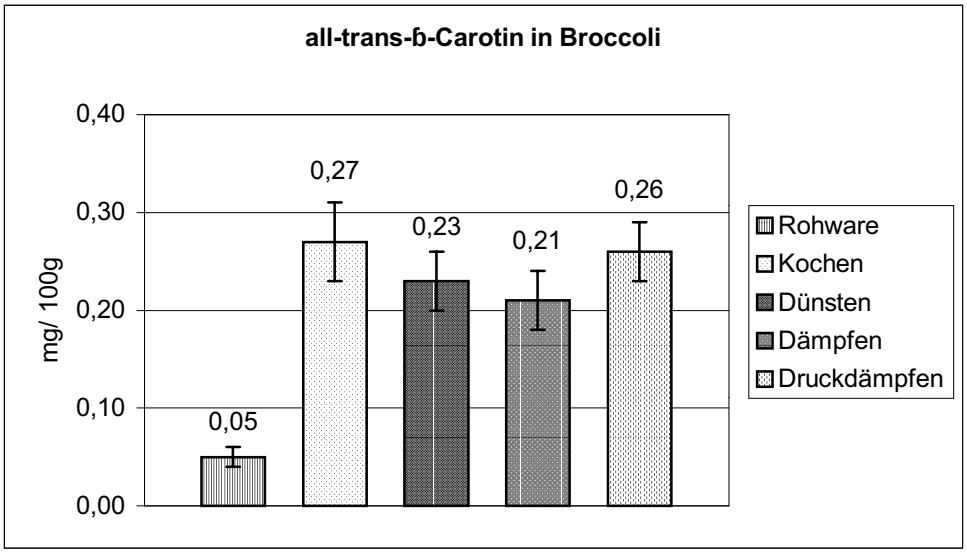



**Abb. 4-51: all-trans-η-Carotin in Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

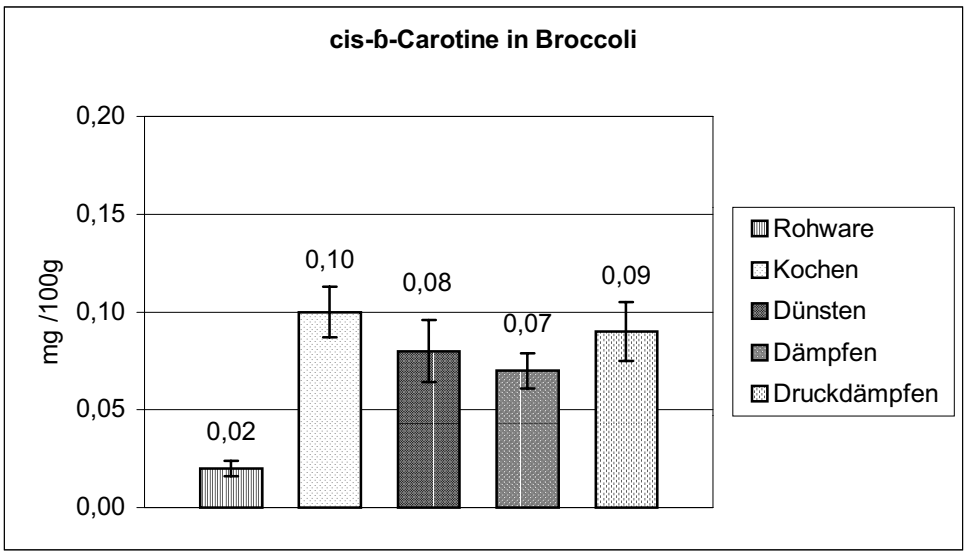



**Abb. 4-52: cis-η-Carotine in Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

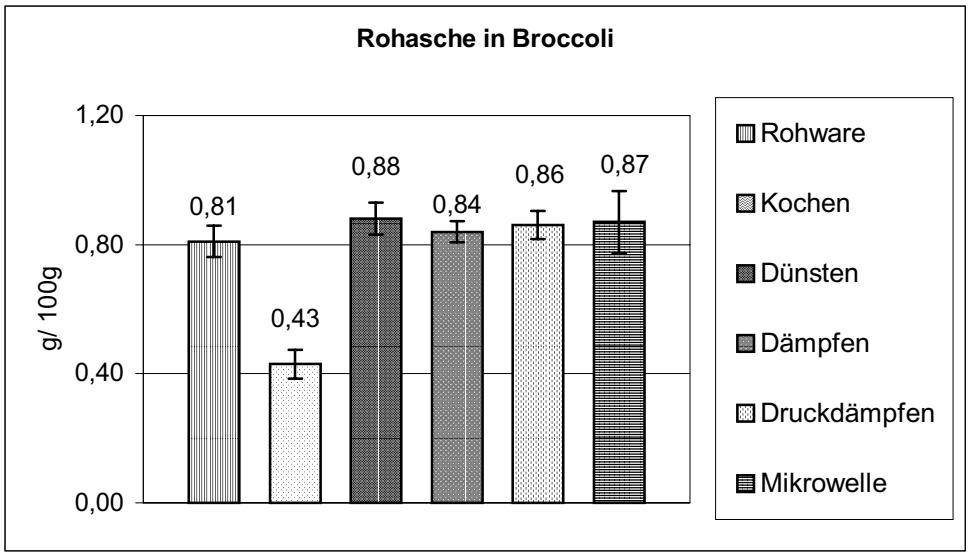



**Abb. 4-53: Rohasche in Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

## Paprika

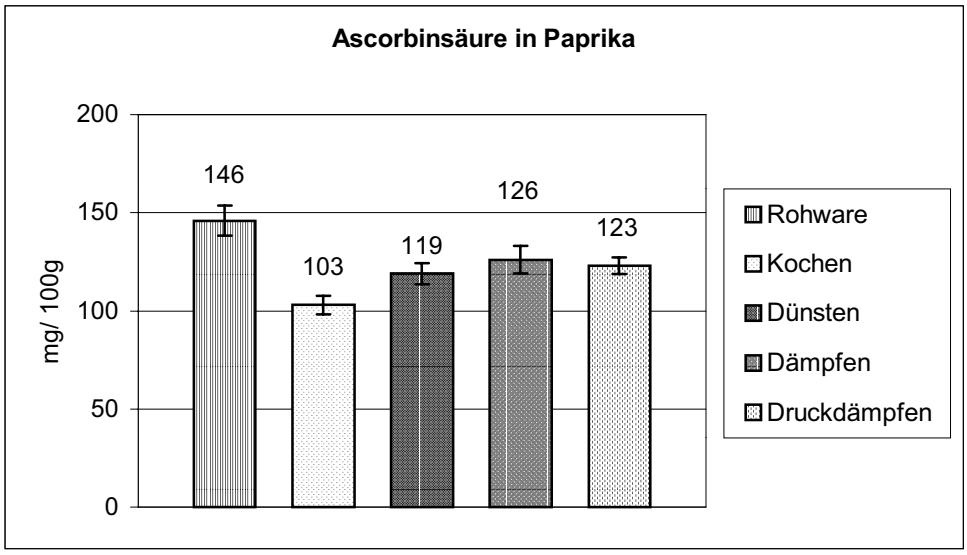



**Abb. 4-54: Ascorbinsäure in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

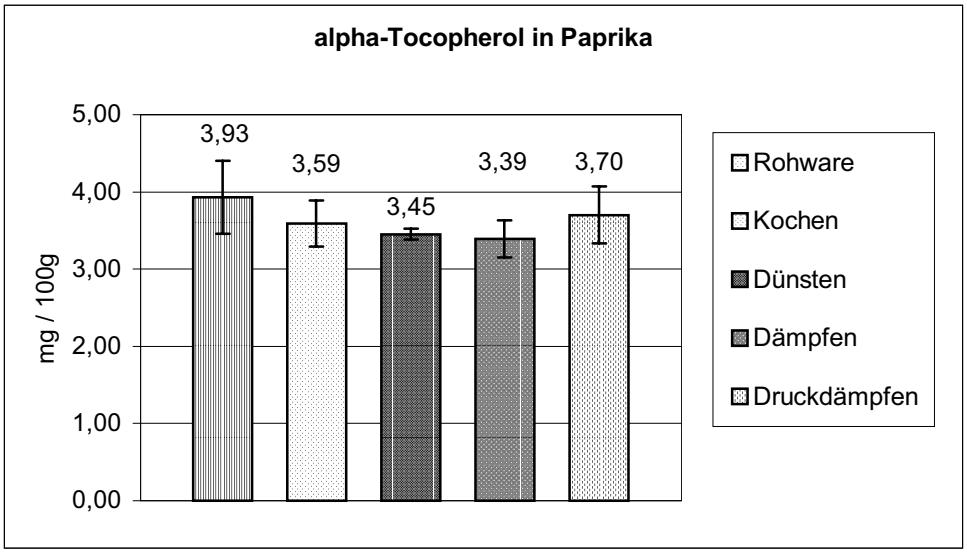



**Abb. 4-55: ζ-Tocopherol in Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

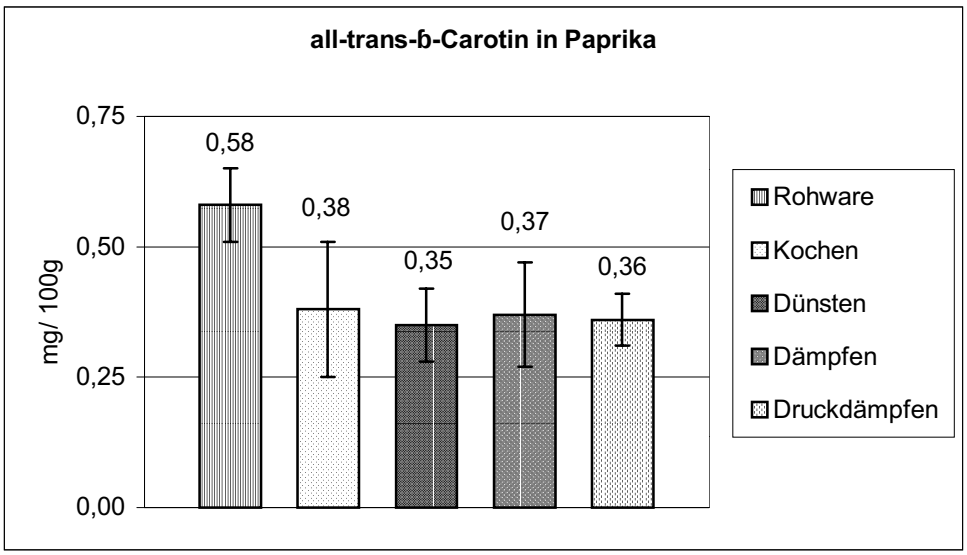



**Abb. 4-56: all-trans-η-Carotin in Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

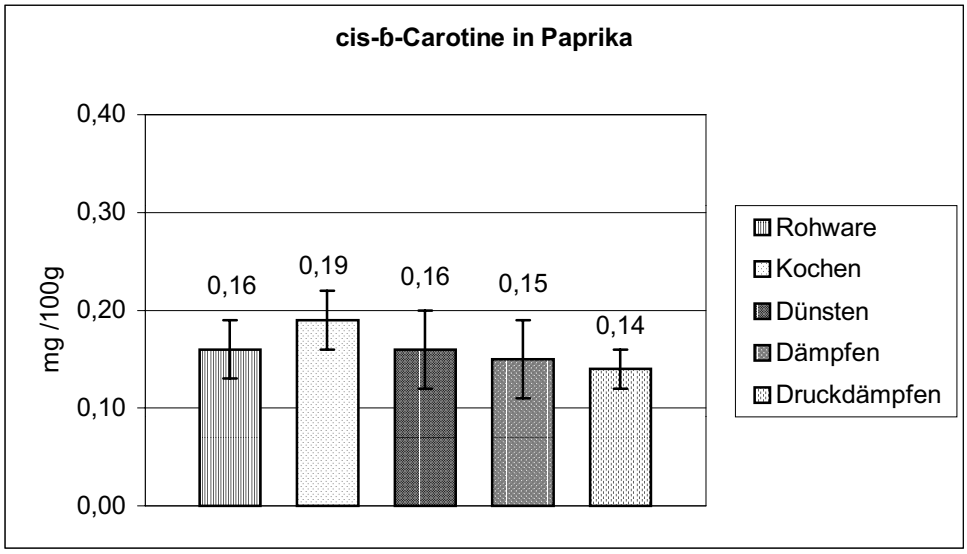



**Abb. 4-57: cis-η-Carotine in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

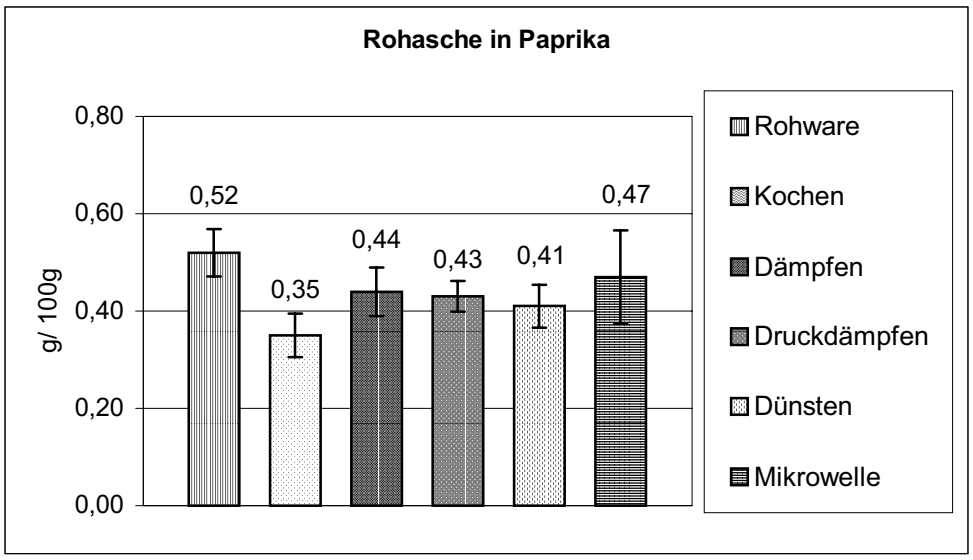



**Abb. 4-58: Rohasche in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

## Karotten

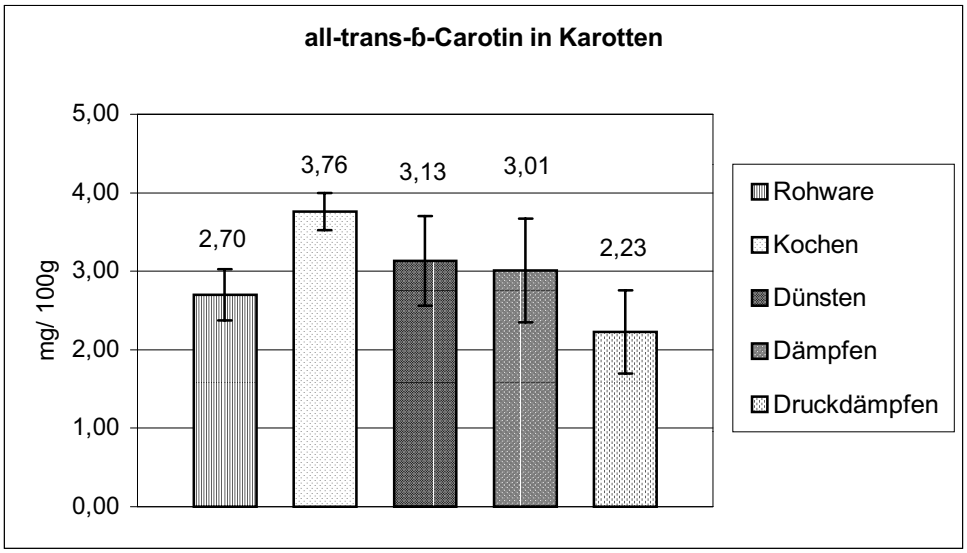



**Abb. 4-59: all-trans-η-Carotin in Karotten ( $\bar{x} \pm s$)**

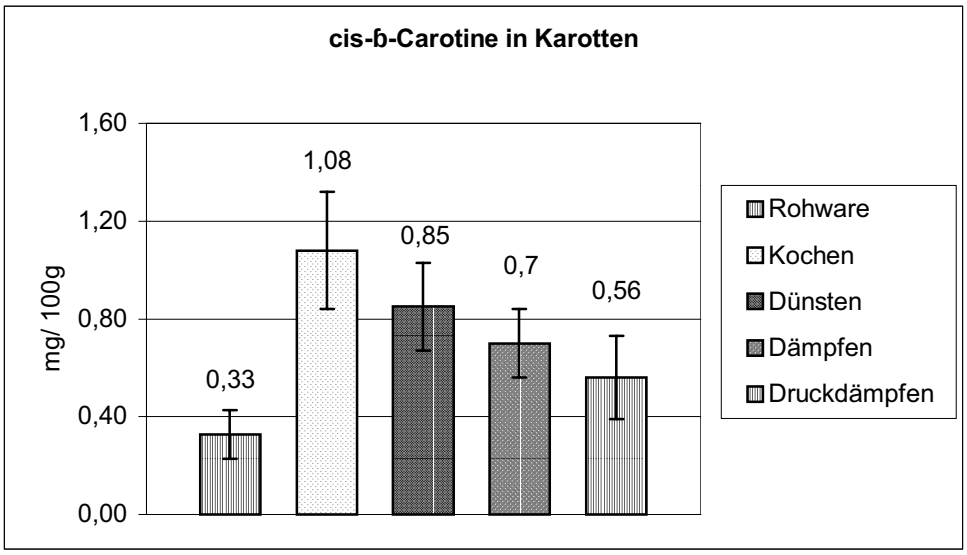



**Abb. 4-60: cis-η-Carotine in Karotten ( $\bar{x} \pm s$)**

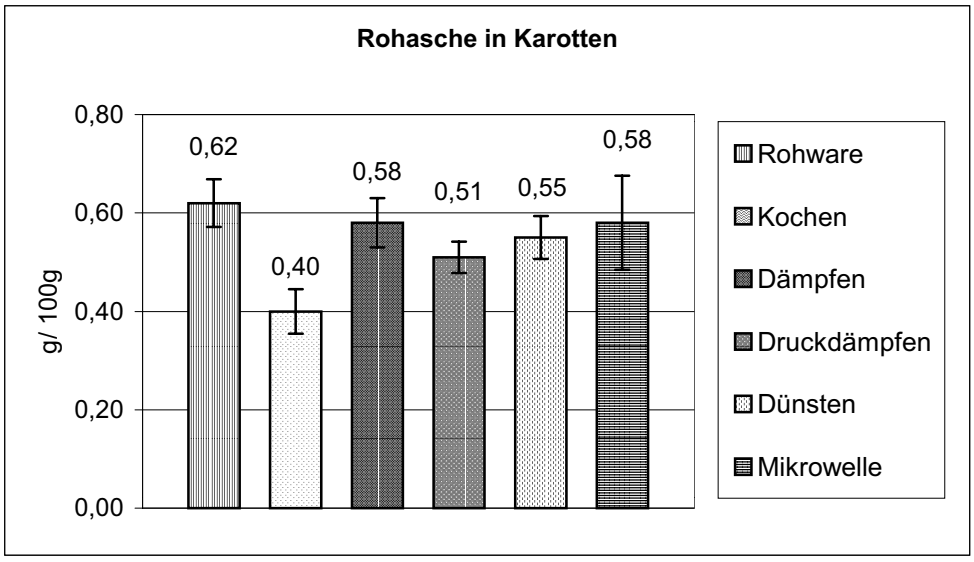



**Abb. 4-61: Rohasche in Karotten ( $\bar{x} \pm s$)**

## Kartoffeln

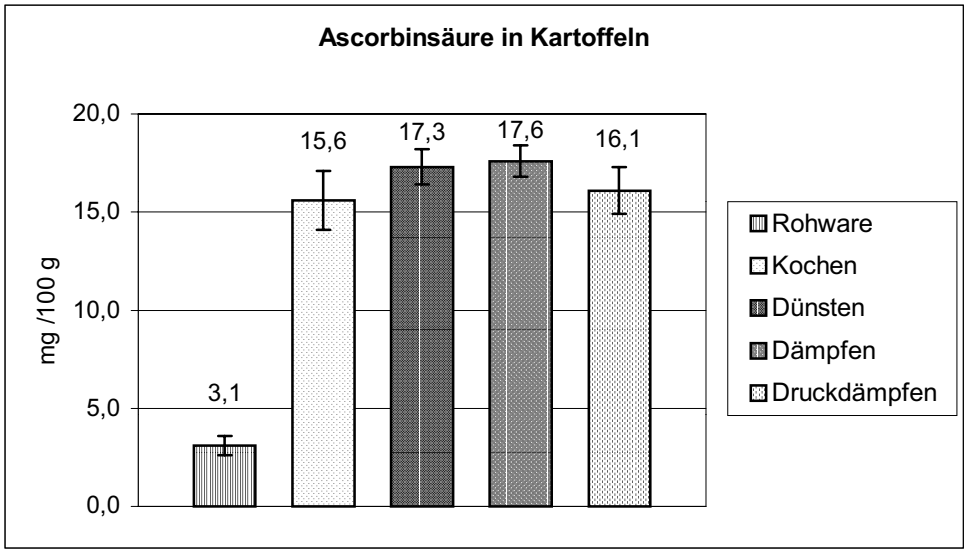



**Abb. 4-62: Ascorbinsäure in Kartoffeln ( $\bar{x} \pm s$)**

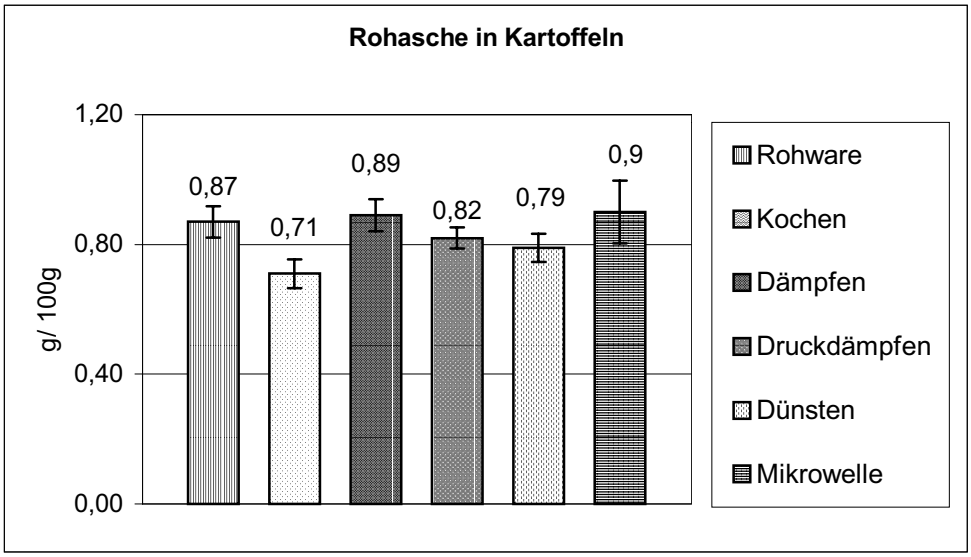



**Abb. 4-63: Rohasche in Kartoffeln ( $\bar{x} \pm s$)**

# Versuchsreihe B

## Paprika

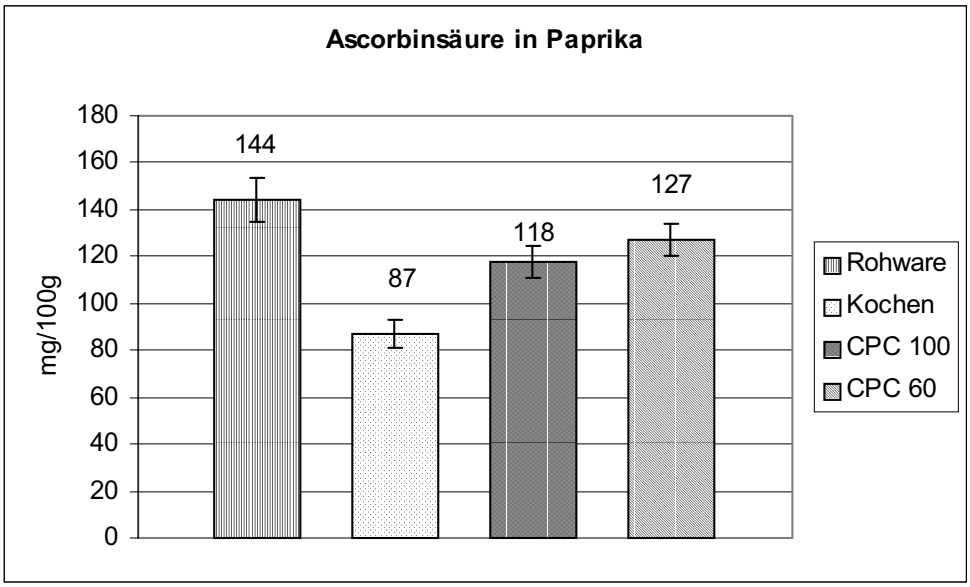



**Abb. 4-64: Ascorbinsäure in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

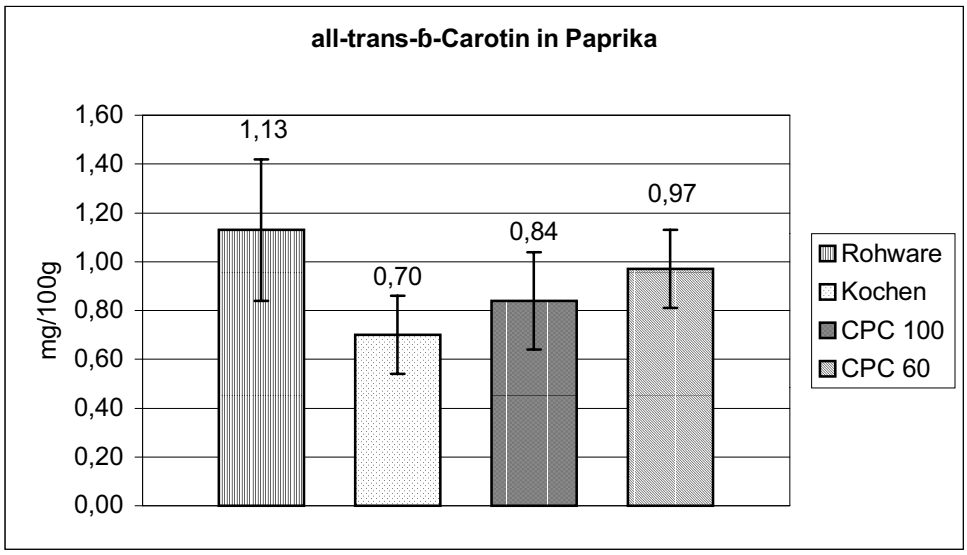



**Abb. 4-65: all-trans-η-Carotin in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

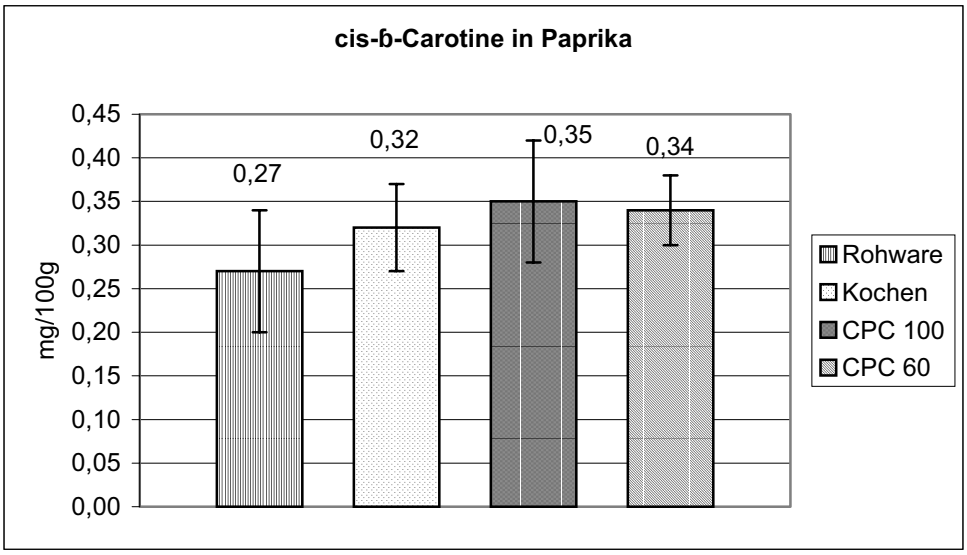



**Abb. 4-66: cis-η-Carotine in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

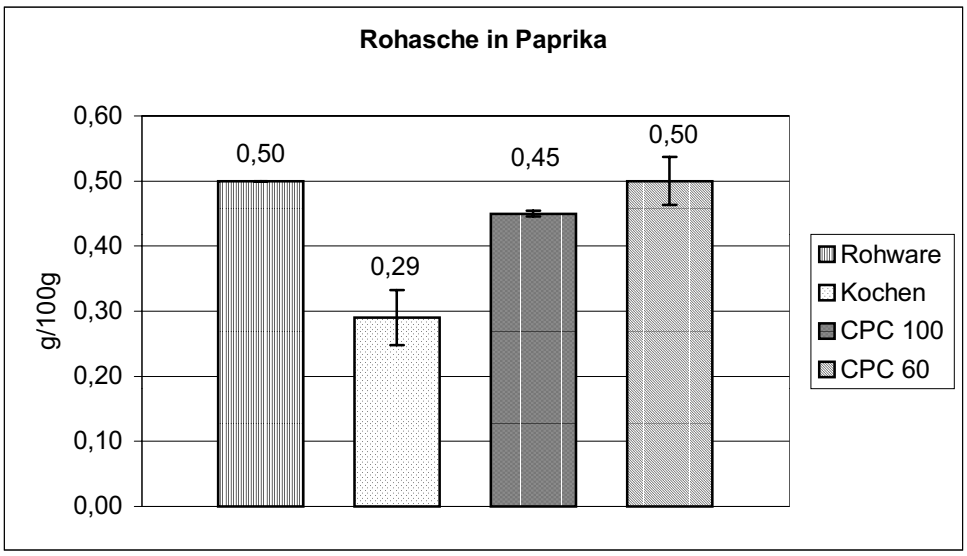



**Abb. 4-67: Rohasche in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

## Karotten

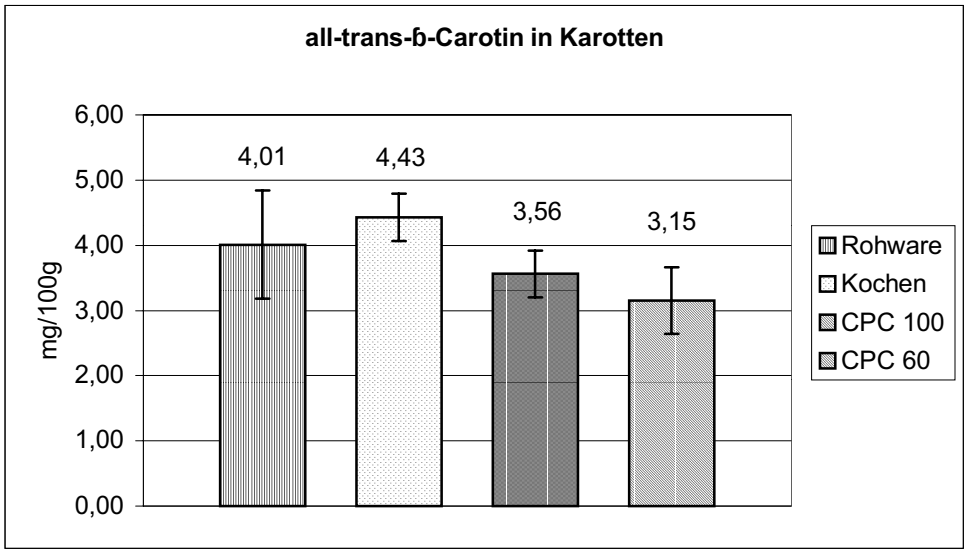



**Abb. 4-68: all-trans-η-Carotin in Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

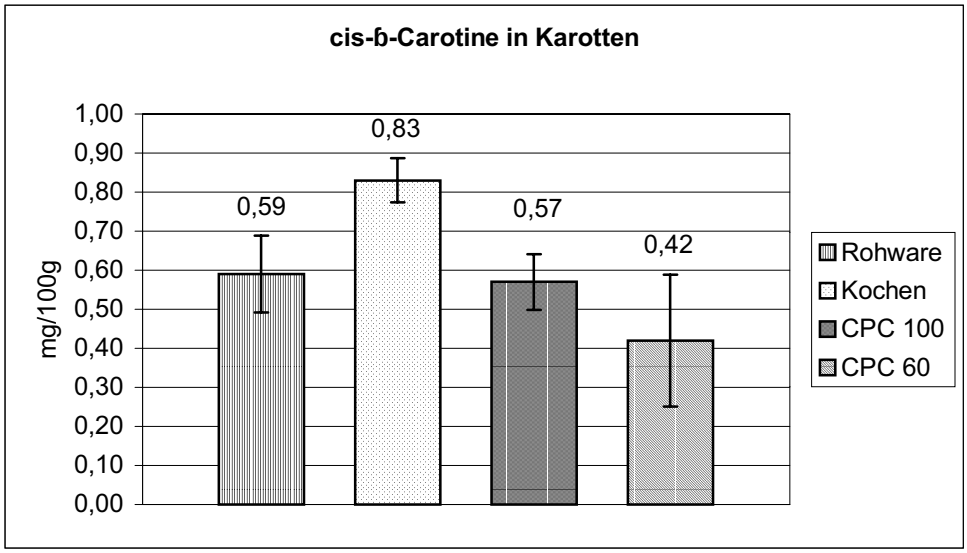



**Abb. 4-69: cis-η-Carotine in Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

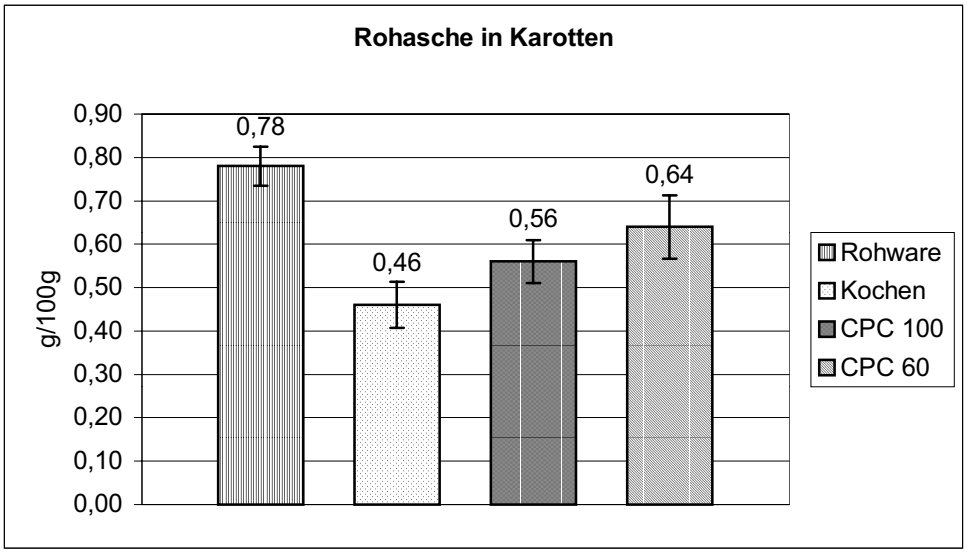



**Abb. 4-70: Rohasche in Karotten ( $\bar{x} \pm s$)**

# Versuchsreihe C

## TK-Broccoli

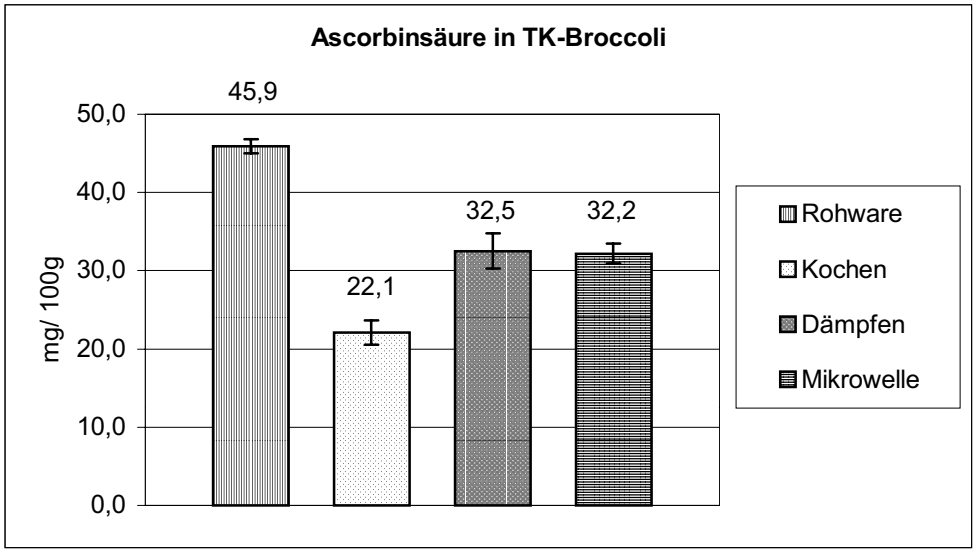



**Abb. 4-71: Ascorbinsäure in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

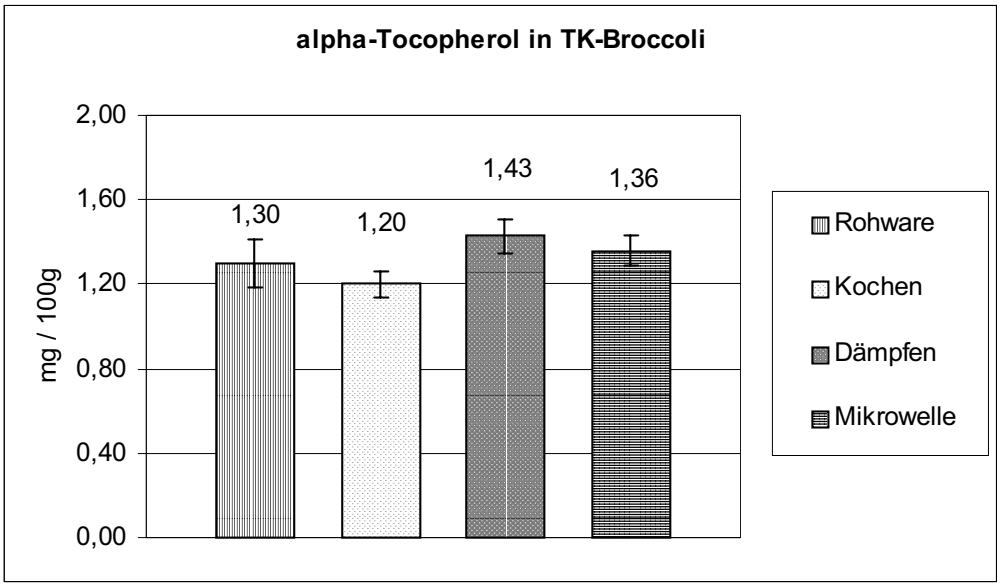



**Abb. 4-72: ζ-Tocopherol in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

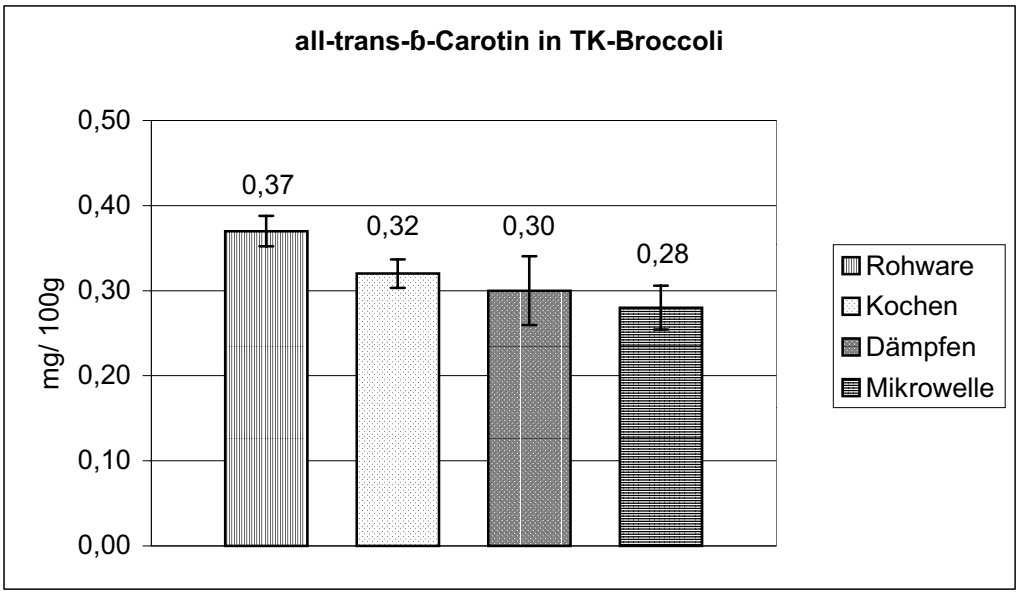



**Abb. 4-73: all-trans-η-Carotin in TK-Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

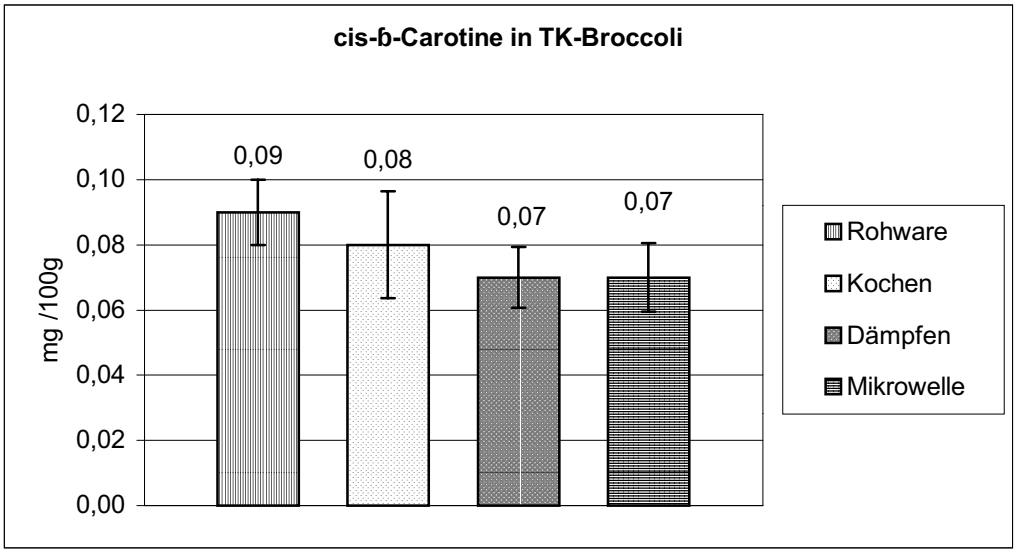



**Abb. 4-74: cis-η-Carotine in TK-Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

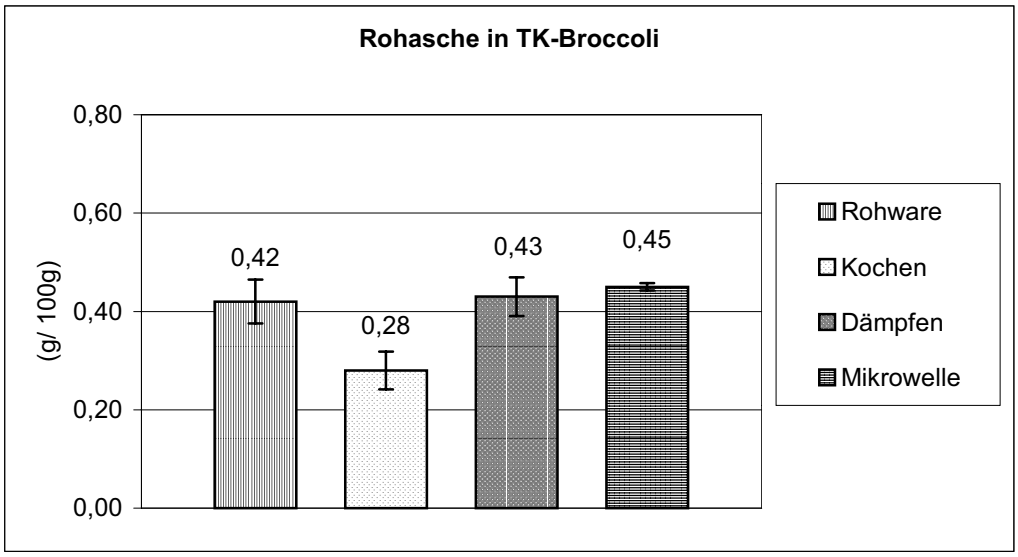



**Abb. 4-75: Rohasche in TK-Broccoli ( $\bar{x} \pm s$)**

## TK-Paprika

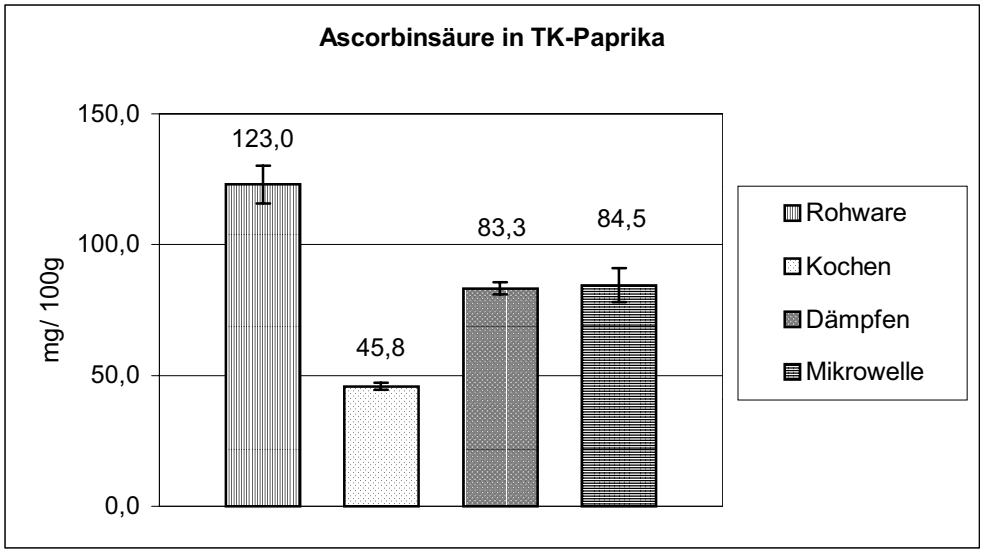



**Abb. 4-76: Ascorbinsäure in TK-Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

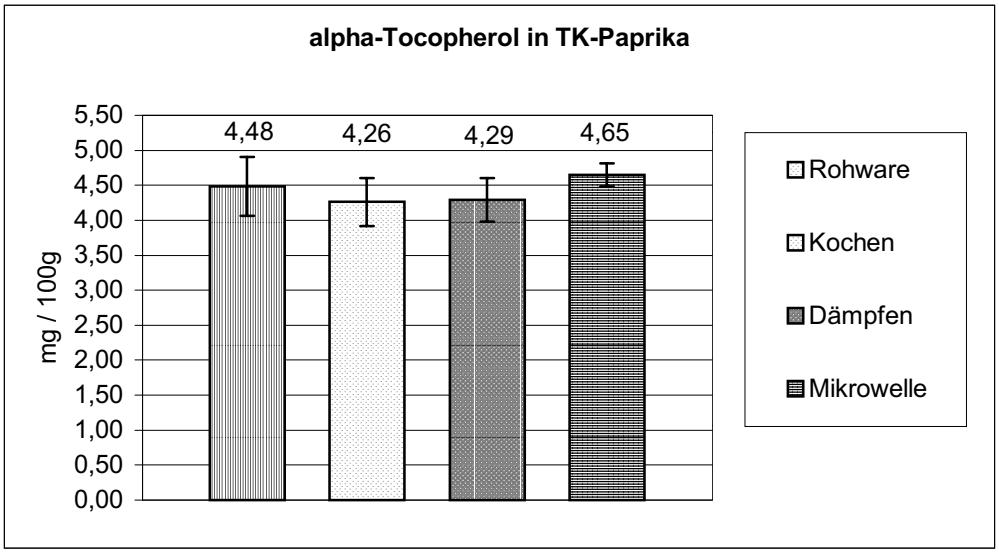



**Abb. 4-77: ζ-Tocopherol in TK-Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

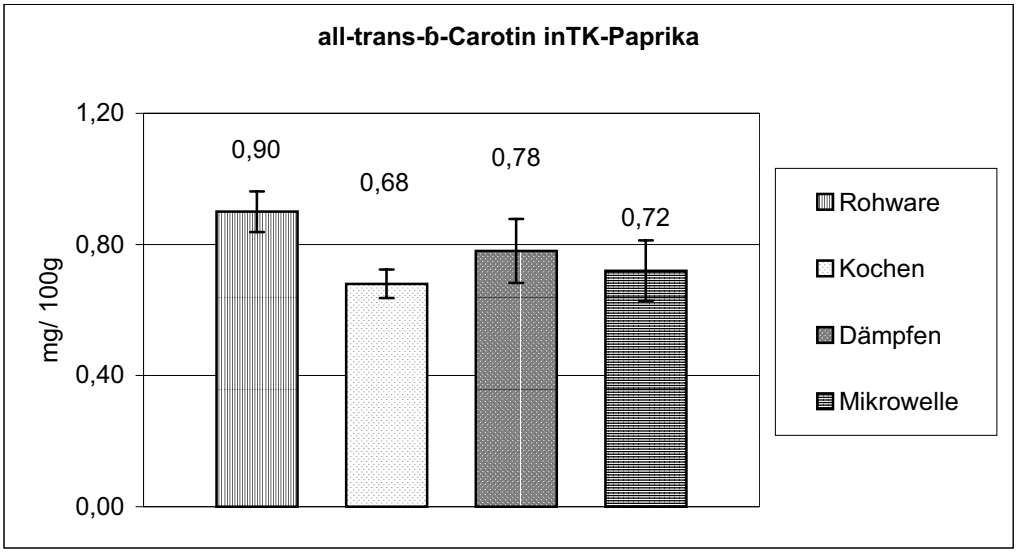



**Abb. 4-78: all-trans-η-Carotin in TK-Paprika ( $\bar{x} \pm s$)**

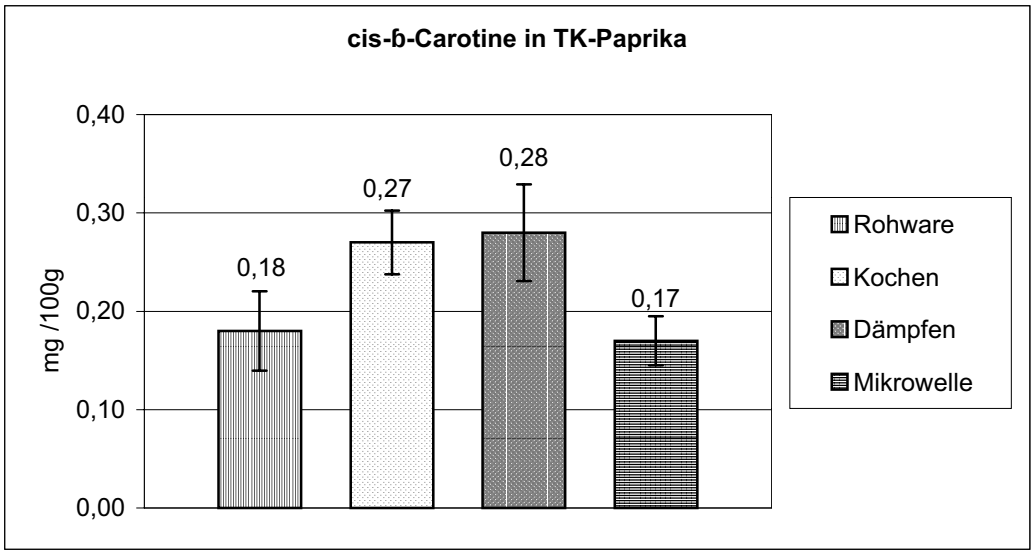



**Abb. 4-79: cis-η-Carotine in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

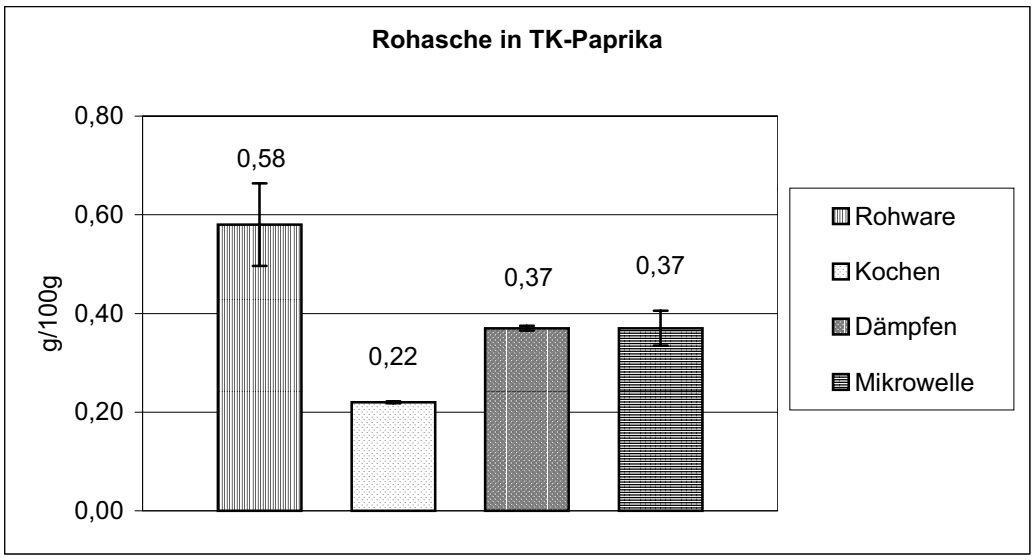



**Abb. 4-80: Rohasche in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

# 5 Statistische Auswertung

## *5.1 Sensorische Prüfung*

### 5.1.1 Statistische Verfahren

Zur statistischen Auswertung der Sensorischen Prüfung werden die Friedmann-Rangvarianzanalyse und der LSD-Test verwendet, welche bereits in Kap. 3.9.4 ausführlich beschrieben sind.

### 5.1.2 Ergebnisse

### Versuchsreihe A

Der Friedmann-Test hat auf einem Signifikanzniveau von $\zeta$ = 5 % gezeigt, dass die Rangfolge bis auf die im Folgenden aufgeführten Fälle zufällig ist. Eine Übersicht über die einzelnen Rangsummen und mittleren Rangplätze (=Rangsumme/Zahl der Prüfer) befindet sich in Kapitel A-4.2 im Anhang.

**Broccoli**

**Broccoli und Form**

Das Kochen und Dämpfen weist eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Dünsten.

**Karotten**

**Karotten und Form**

Das Dämpfen weist eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Druckdämpfen.

**Kartoffeln**

**Kartoffeln und Form**

Das Druckdämpfen weist eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Kochen und Dünsten.

**Gesamtergebnis Kartoffeln**

Das Druckdämpfen weist ein signifikant besseres Gesamtergebnis auf als das Kochen und Dünsten.

## Versuchsreihe B

Der Friedmann-Test hat auf einem Signifikanzniveau von ζ = 5 % gezeigt, dass die Rangfolge bis auf die im Folgenden aufgeführten Fälle zufällig ist. Eine Übersicht über die einzelnen Rangsummen und mittleren Rangplätze befindet sich in Kapitel A-4.2 im Anhang.

**Paprika**

**Paprika und Form**

Das Garen im CPC bei 60 % Feuchte weist eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Kochen.

## Versuchsreihe C

Der Friedmann-Test hat auf einem Signifikanzniveau von ζ = 5 % gezeigt, dass die Rangfolge bis auf die im Folgenden aufgeführten Fälle zufällig ist. Eine Übersicht über die einzelnen Rangsummen und mittleren Rangplätze befindet sich in Kapitel A-4.2 im Anhang.

**TK-Paprika**

**TK-Paprika und Geschmack**

Der Geschmack ist beim Dämpfen signifikant besser als beim Kochen.

**TK-Broccoli**

**TK-Broccoli und Farbe**

Das Kochen weist eine signifikant bessere Farberhaltung auf als das Dämpfen.

**TK-Broccoli und Form**

Das Kochen weist eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Dämpfen.

**Tk-Broccoli und Geschmack**

Das Kochen schneidet signifikant schlechter ab als das Dämpfen.

**TK-Broccoli und Textur**

Die Textur ist beim Kochen und Dämpfen signifikant besser als nach dem Garen in der Mikrowelle.

**Gesamtbewertung Broccoli**

Das Kochen ist signifikant besser als das Garen in der Mikrowelle.

## *5.2 Masse- , Vitamin- und Rohaschegehalte*

### 5.2.1 Statistische Verfahren

Die Berechnung der Mittelwerte, Standardabweichungen, Varianzen und Variationskoeffizienten erfolgt mithilfe des Programms Excel 2000 der Firma Microsoft.

Zur Überprüfung auf Normalverteilung, Homogenität der Varianzen und Signifikanzen werden die im folgenden beschriebenen Tests herangezogen:

**Schnelltest nach David und Mitarbeitern**

Dieser Test dient zur Prüfung, ob bei der Verteilung der Stichproben eine Normalverteilung vorliegt. Er ist bei kleinen Stichproben ($n < 30$) recht zuverlässig [Kesel 1999].

**F-Test**

Mit Hilfe dieses Tests wird bei normalverteilten, nicht verbundenen Stichproben die Homogenität der Varianzen geprüft, welche Voraussetzung für einige Mittelwert-Tests ist [Kesel 1999].

**Lord-Test**

Der Lord-Test ist ein Mittelwert-Test, mit dessen Hilfe sich feststellen läßt, ob zwei Stichproben nicht aus der gleichen Grundgesamtheit stammen bzw. ob die Grundgesamtheiten aus denen beide Stichproben stammen sich signifikant unterscheiden. Der Test ist geeignet für kleine Stichproben ($n \leq 20$). Die Verteilung darf nicht signifikant von der Normalverteilung abweichen und die Varianzen müssen homogen sein [Kesel 1999].

**Weir-Test**

Der Weir-Test ist ein Mittelwert-Test, der für kleine Stichproben ($3 \leq n \leq 20$) geeignet ist. Die Verteilung muss nur annähernd normalverteilt sein und die Varianzen können homogen oder heterogen sein [Kesel 1999].

## 5.2.2 Ergebnisse

### 5.2.2.1 Masseveränderungen

Bei allen Verfahren liegt eine Normalverteilung (David et al.-Test, $\zeta$ = 0,1 %) sowie eine Homogenität der Varianzen vor (F-Test, $\zeta$ = 0,1 %). Als Mittelwert-Test wird der Lord-Test als zweiseitiger Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 1 % angewendet.

## Versuchsreihe A

### Broccoli

**Tab. 5-1: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Broccoli**

| | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | 10,88 | 5,04 | 5,16 | 4,88 | -6,01 |
| s (±) | 1,36 | 1,75 | 1,05 | 1,34 | 2,53 |
| cv (%) | 12,47 | 34,81 | 20,30 | 27,50 | 42,01 |

Die Massezunahme beim Kochen ist im Vergleich zu allen anderen Garverfahren signifikant höher. Die Mikrowelle führt zu einer signifikanten Abnahme. Zwischen den anderen Verfahren besteht kein signifikanter Unterschied.

### Paprika

**Tab. 5-2: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Paprika**

| | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -6,80 | -7,49 | -7,37 | -6,68 | -12,72 |
| s (±) | 0,68 | 1,96 | 1,40 | 0,49 | 0,94 |
| cv (%) | 10,06 | 26,23 | 18,94 | 7,38 | 7,43 |

Bei allen Verfahren findet eine Masseabnahme statt, die bei der Mikrowelle gegenüber den anderen Verfahren signifikant am größten ist.

### Karotten

**Tab. 5-3: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Karotten**

| | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -7,71 | -7,76 | -7,90 | -8,42 | -9,33 |
| s (±) | 1,00 | 0,24 | 1,11 | 0,58 | 0,39 |
| cv (%) | 13,03 | 3,09 | 14,09 | 6,84 | 4,15 |

Bei allen Verfahren findet eine Masseabnahme statt. Die Masseabnahme in der Mikrowelle ist signifikant größer als beim Kochen und Dünsten.

### Kartoffeln

**Tab. 5-4: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Kartoffeln**

| | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | 0,51 | 0,30 | 1,07 | -1,97 | -5,87 |
| s (±) | 1,11 | 0,32 | 1,53 | 0,69 | 0,42 |
| cv (%) | 2,17 | 1,05 | 0,50 | 0,35 | 0,07 |

Beim Kochen, Dünsten und Dämpfen findet jeweils eine geringe Massezunahme statt, die sich nicht signifikant voneinander unterscheidet. Das Dampfdruckgaren und das Garen in der Mikrowelle führt im Vergleich zu den anderen Verfahren zu einer signifikanten Abnahme, wobei diese bei der Mikrowelle noch einmal signifikant größer ist als beim Dampfdruckgaren.

## Versuchsreihe B

### Paprika

**Tab. 5-5: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Paprika**

| | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -9,92 | -9,88 | -13,36 |
| s (±) | 0,73 | 0,78 | 0,44 |
| cv (%) | 7,39 | 7,94 | 3,27 |

Im CPC findet bei 60 % Feuchte eine signifikant höhere Masseabnahme als beim Kochen und Garen im CPC bei 100 % Feuchte statt. Die beiden letzten Verfahren unterscheiden sich nicht signifikant.

### Karotten

**Tab. 5-6: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von Karotten**

| | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -8,93 | -10,15 | -13,43 |
| s (±) | 0,96 | 0,98 | 1,04 |
| cv (%) | 10,80 | 9,62 | 7,76 |

Im CPC findet bei 60 % Feuchte eine signifikant höhere Masseabnahme als beim Kochen und Garen im CPC bei 100 % Feuchte statt. Die beiden letzten Verfahren unterscheiden sich nicht signifikant.

## Versuchsreihe C

### TK-Broccoli

**Tab. 5-7: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von TK-Broccoli**

| | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -22,31 | -23,29 | -25,09 |
| s (±) | 1,38 | 0,73 | 1,27 |
| cv (%) | 6,22 | 3,14 | 5,09 |

Bei allen Verfahren findet eine Masseabnahme statt, die sich nicht signifikant voneinander unterscheidet.

### TK-Paprika

**Tab. 5-8: Mittlere prozentuale Masseveränderung beim Garen von TK-Paprika**

| | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ (%) | -25,19 | -26,79 | -29,13 |
| s (±) | 0,60 | 0,98 | 0,90 |
| cv (%) | 2,40 | 3,68 | 3,09 |

Die Masseabnahme beim Garen in der Mikrowelle ist im Vergleich zu allen anderen Garverfahren signifikant höher. Zwischen den anderen Verfahren besteht kein signifikanter Unterschied.

### 5.2.2.2 Vitamingehalte

## Versuchsreihe A

Bei allen Verfahren liegt eine Normalverteilung (David et al.-Test, ζ = 0,1 %) vor. Eine Homogenität der Varianzen liegt nur in zwei Fällen nicht vor (F-Test, ζ = 0,1 %). Als Mittelwert-Test wird der Lord-Test als zweiseitiger Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von ζ = 1 % angewendet bzw. im Fall der heterogenen Varianzen der Weir-Test, bei dem eine Irrtumswahrscheinlichkeit von ζ = 5 % festgelegt ist.

### Broccoli

#### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-9: Ascorbinsäure in Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 2,1 | 36,3 | 61,6 | 53,8 | 71,6 |
| s (±) | 0,7 | 2,0 | 2,0 | 6,3 | 2,8 |
| cv (%) | 32,3 | 5,6 | 3,2 | 11,7 | 4,0 |

Nach dem Garen ist der Ascorbinsäuregehalt bei allen Verfahren signifikant angestiegen. Die Gehalte nach dem Dünsten, Dämpfen und Druckdämpfen sind höher als nach dem Kochen. Der Gehalt nach dem Druckdämpfen ist signifikant höher als der Gehalt nach dem Dünsten und Dämpfen, zwischen denen kein signifikanter Unterschied besteht.

#### *ζ-Tocopherol*

**Tab. 5-10: ζ-Tocopherol in Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,32 | 1,54 | 1,61 | 1,58 | 1,70 |
| s (±) | 0,05 | 0,16 | 0,07 | 0,16 | 0,08 |
| cv (%) | 14,48 | 10,08 | 4,17 | 9,91 | 4,89 |

Nach dem Garen ist der ζ-Tocopherolgehalt bei allen Verfahren signifikant angestiegen. Zwischen den einzelnen Garverfahren gibt es keine signifikanten Unterschiede.

### *η-Carotine*

**Tab. 5-11: all-trans-η-Carotin in Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,05 | 0,27 | 0,23 | 0,21 | 0,26 |
| s (±) | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| cv (%) | 0,04 | 14,75 | 13,94 | 14,01 | 10,48 |

Nach dem Garen ist der all-trans-η-Carotin-Gehalt bei allen Verfahren signifikant angestiegen. Zwischen den einzelnen Garverfahren gibt es keine signifikanten Unterschiede.

**Tab. 5-12: cis-η-Carotine in Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,02 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,09 |
| s (±) | 0,004 | 0,012 | 0,016 | 0,009 | 0,015 |
| cv (%) | 24,85 | 12,82 | 20,46 | 11,95 | 16,98 |

Nach dem Garen ist der Gehalt an cis-η-Carotinen bei allen Verfahren signifikant angestiegen. Der Gehalt nach dem Kochen ist signifikant höher als nach dem Dämpfen.

**Tab. 5-13: cis-/all-trans-Ratio in Broccoli (in %)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 42,0 | 36,7 | 33,6 | 33,3 | 32,2 |
| s (±) | 17,6 | 6,9 | 3,4 | 4,3 | 3,6 |
| cv (%) | 41,9 | 18,8 | 10,1 | 13,0 | 11,1 |

Beim Garen tritt keine signifikante Änderung in der cis-/all-trans-Ratio ein.

### *Rohasche*

**Tab. 5-14: Rohasche in Broccoli (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,81 | 0,43 | 0,88 | 0,84 | 0,86 | 0,87 |
| s (±) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,1 |
| cv (%) | 6,03 | 10,47 | 5,64 | 3,79 | 5,07 | 10,98 |

Nur beim Kochen tritt eine signifikante Abnahme im Vergleich zur Rohware und zu allen anderen Garverfahren ein.

## Paprika

### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-15: Ascorbinsäure in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 146 | 103 | 119 | 126 | 123 |
| s (±) | 8 | 5 | 5 | 7 | 4 |
| cv (%) | 5 | 5 | 5 | 6 | 3 |

Der Ascorbinsäuregehalt hat nach dem Garen bei allen Verfahren signifikant abgenommen. Die Verluste nach dem Kochen sind signifikant höher als nach den drei anderen Verfahren, zwischen denen kein signifikanter Unterschied besteht.

### *ζ-Tocopherol*

**Tab. 5-16: ζ-Tocopherol in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 3,93 | 3,59 | 3,45 | 3,39 | 3,70 |
| s (±) | 0,47 | 0,30 | 0,07 | 0,24 | 0,37 |
| cv (%) | 11,97 | 8,44 | 1,96 | 7,11 | 10,08 |

Durch das Garen tritt mit keinem Verfahren eine signifikante Veränderung im ζ-Tocopherolgehalt im Vergleich zur Rohware ein.

### *η-Carotine*

**Tab. 5-17: all-trans-η-Carotin in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,58 | 0,38 | 0,35 | 0,37 | 0,36 |
| s (±) | 0,07 | 0,12 | 0,07 | 0,11 | 0,05 |
| cv (%) | 11,44 | 32,85 | 21,16 | 29,77 | 14,35 |

Das Dünsten, Dämpfen und Druckdämpfen führt zu einer signifikanten Abnahme im all-trans-η-Carotin-Gehalt. Zwischen den einzelnen Garverfahren sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten.

**Tab. 5-18: cis-η-Carotine in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,15 | 0,14 |
| s (±) | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,02 |
| cv (%) | 20,19 | 14,68 | 25,40 | 25,66 | 12,48 |

Das Garen führt zu keiner signifikanten Änderung im Gehalt der cis-η-Carotine.

**Tab. 5-19: cis-/all-trans-Ratio in Paprika (in %)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 27,9 | 54,9 | 47,0 | 42,1 | 40,0 |
| s (±) | 3,74 | 19,89 | 5,52 | 6,21 | 1,66 |
| cv (%) | 13,41 | 36,15 | 11,74 | 14,73 | 4,14 |

Durch alle Garverfahren steigt die cis-/all-trans-Ratio im Vergleich zur Rohware signifikant an. Innerhalb der Garverfahren besteht nur zwischen dem Kochen und dem Druckdämpfen ein signifikanter Unterschied.

### *Rohasche*

**Tab. 5-20: Rohasche in Paprika (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,52 | 0,35 | 0,41 | 0,44 | 0,43 | 0,47 |
| s (±) | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| cv (%) | 5,53 | 4,78 | 8,50 | 6,59 | 7,66 | 4,27 |

Alle Garverfahren außer das Garen in der Mikrowelle führen zu einer signifikanten Abnahme im Rohaschegehalt, wobei das Kochen signifikant am schlechtesten abschneidet. Zwischen dem Dünsten, Dämpfen und Druckdämpfen besteht kein signifikanter Unterschied. Der Rohaschegehalt nach dem Garen in der Mikrowelle ist signifikant höher als nach den anderen Verfahren mit Ausnahme des Druckdämpfens.

## Karotten

### *η-Carotine*

**Tab. 5-21: all-trans-η-Carotin in Karotten (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 2,70 | 3,76 | 3,13 | 3,01 | 2,23 |
| s (±) | 0,33 | 0,65 | 0,57 | 0,66 | 0,53 |
| cv (%) | 12,25 | 6,28 | 18,30 | 22,04 | 23,67 |

Das Kochen führt zu einem signifikanten Anstieg im all-trans-η-Carotin-Gehalt und unterscheidet sich signifikant vom Druckdämpfen. Bei den anderen Verfahren treten weder im Vergleich zur Rohware noch untereinander signifikante Unterschiede auf.

**Tab. 5-22: cis-η-Carotine in Karotten (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,33 | 1,08 | 0,85 | 0,70 | 0,56 |
| s (±) | 0,10 | 0,24 | 0,18 | 0,14 | 0,17 |
| cv (%) | 29,51 | 21,83 | 21,00 | 19,83 | 31,30 |

Mit Ausnahme des Dampfdruckgarens führen alle Verfahren zu einem signifikanten Anstieg der cis-η-Carotine. Der Gehalt nach dem Kochen ist signifikant höher im Vergleich zum Dünsten.

**Tab. 5-23: cis-/all-trans-Ratio in Karotten (in %)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 12,1 | 28,7 | 27,1 | 23, 6 | 24,7 |
| s (±) | 2,9 | 2,5 | 1,3 | 2,0 | 4,2 |
| cv (%) | 24,1 | 8,8 | 4,7 | 8,5 | 16,8 |

Die cis-/all-trans-Ratio steigt nach allen Garverfahren im Vergleich zur Rohware signifikant an. Nach dem Kochen ist sie signifikant höher als nach dem Dämpfen.

### *Rohasche*

**Tab. 5-24: Rohasche in Karotten (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,62 | 0,40 | 0,55 | 0,58 | 0,51 | 0,58 |
| s (±) | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| cv (%) | 4,68 | 4,88 | 8,84 | 4,16 | 6,37 | 4,57 |

Beim Kochen und Druckdämpfen sinkt der Rohaschegehalt im Vergleich zur Rohware signifikant ab, wobei das Kochen im Vergleich mit allen anderen Garverfahren signifikant am schlechtesten ist. Der Rohaschegehalt nach dem Druckdämpfen ist signifikant niedriger als nach dem Dämpfen und Mikrowellen garen.

## Kartoffeln

### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-25: Ascorbinsäure in Kartoffeln (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen |
|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 3,1 | 15,6 | 17,3 | 17,6 | 16,1 |
| s (±) | 0,5 | 1,5 | 0,7 | 0,8 | 1,21 |
| cv (%) | 16,3 | 9,7 | 5,0 | 4,5 | 7,51 |

Der Ascorbinsäuregehalt ist nach allen Garverfahren signifikant angestiegen. Zwischen den einzelnen Verfahren ist kein signifikanter Unterschied zu beobachten.

### *Rohasche*

**Tab. 5-26: Rohasche in Kartoffeln (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dünsten | Dämpfen | Druckdämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,87 | 0,71 | 0,79 | 0,89 | 0,82 | 0,90 |
| s (±) | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,1 | 0,06 |
| cv (%) | 4,26 | 4,03 | 7,79 | 3,81 | 11,71 | 6,18 |

Nur beim Kochen sinkt der Rohaschegehalt im Vergleich zur Rohware sowie zum Dämpfen und Garen in der Mikrowelle signifikant ab.

## Versuchsreihe B

Außer bei der Rohasche in der Paprikarohware, liegt in allen Fällen eine Normalverteilung (David et al.-Test, $\zeta$ = 0,1 %) vor. Eine Homogenität der Varianzen liegt in fünf Fällen nicht vor (F-Test, $\zeta$ = 0,1 %). Als Mittelwert-Test wird der Lord-Test als zweiseitiger Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 1 % angewendet bzw. im Fall der nicht vorliegenden Normalverteilung und der heterogenen Varianzen der Weir-Test, bei dem eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 5 % festgelegt ist.

### Paprika

### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-27: Ascorbinsäure in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 144 | 87 | 118 | 127 |
| s (±) | 10 | 6 | 7 | 7 |
| cv (%) | 7 | 7 | 6 | 5 |

Alle Verfahren führen zu einer signifikanten Abnahme im Ascorbinsäuregehalt, wobei der Verlust beim Kochen signifikant am größten ist. Zwischen

dem Garen im CPC bei 60 und 100 % Feuchte besteht kein signifikanter Unterschied.

### *η-Carotine*

**Tab. 5-28: all-trans-η-Carotin in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 1,13 | 0,70 | 0,84 | 0,97 |
| s (±) | 0,29 | 0,16 | 0,20 | 0,16 |
| cv (%) | 25,85 | 23,25 | 23,91 | 16,42 |

Das Garen führt in keinem Fall zu einer signifikanten Veränderung im all-trans-η-Carotin-Gehalt.

**Tab. 5-29: cis-η-Carotine in Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,27 | 0,32 | 0,35 | 0,34 |
| s (±) | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,04 |
| cv (%) | 27,22 | 17,25 | 19,41 | 13,07 |

Das Garen führt in keinem Fall zu einer signifikanten Veränderung der Menge an cis-η-Carotinen.

**Tab. 5-30: cis-/all-trans-Ratio in Paprika (in %)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 23,9 | 46,3 | 41,9 | 35,4 |
| s (±) | 1,8 | 3,8 | 2,7 | 2,8 |
| cv (%) | 55,1 | 26,4 | 36,6 | 35,5 |

Die cis-/all-trans-Ratio steigt bei allen Garverfahren im Vergleich zur Rohware signifikant an. Der Anstieg ist beim Kochen und Garen im CPC bei 100 % Feuchte signifikant höher als beim Garen im CPC bei 60 % Feuchte.

### *Rohasche*

**Tab. 5-31: Rohaschegehalt in Paprika (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,50 | 0,29 | 0,45 | 0,50 |
| s (±) | 0 | 0,04 | 0,004 | 0,04 |
| cv (%) | 0 | 14,42 | 0,87 | 7,43 |

Der Rohaschegehalt nimmt beim Kochen und Garen im CPC bei 100 % Feuchte im Vergleich zur Rohware und zum Garen bei 60 % Feuchte signifikant ab. Die Verluste beim Kochen liegen nochmals signifikant unter denen vom Garen bei 100 % Feuchte.

## Karotten

### *η-Carotine*

**Tab. 5-32: all-trans-η-Carotin in Karotten (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 4,01 | 4,43 | 3,56 | 3,15 |
| s (±) | 0,83 | 0,36 | 0,36 | 0,51 |
| cv (%) | 20,62 | 8,06 | 10,02 | 16,06 |

Der all-trans-η-Carotin-Gehalt ist nach keinem Garverfahren im Vergleich zur Rohware signifikant verändert. Der Gehalt nach dem Kochen ist jedoch signifikant größer als nach den beiden Garverfahren im CPC.

**Tab. 5-33: cis-η-Carotine in Karotten (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,59 | 0,83 | 0,57 | 0,42 |
| s (±) | 0,10 | 0,06 | 0,07 | 0,17 |
| cv (%) | 16,73 | 6,80 | 12,59 | 40,33 |

Durch das Garen findet keine signifikante Veränderung im Gehalt an cis-η-Carotinen statt.

**Tab. 5-34: cis-/all-trans-Ratio in Karotten (in %)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 15,0 | 18,8 | 16,0 | 13,5 |
| s (±) | 2,0 | 1,5 | 1,8 | 5,4 |
| cv (%) | 51,1 | 66,6 | 56,8 | 18,4 |

Das Garen führt in keinem Fall zu einer signifikanten Veränderung der cis-/all-trans-Ratio.

### *Rohasche*

**Tab. 5-35: Rohaschegehalt in Karotten (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | CPC 100 | CPC 60 |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,78 | 0,42 | 0,50 | 0,64 |
| s (±) | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,07 |
| cv (%) | 5,73 | 12,53 | 9,85 | 11,44 |

Der Rohaschegehalt nimmt bei allen Garverfahren im Vergleich zur Rohware signifikant ab. Die Abnahme ist beim Kochen und Garen im CPC bei 100 % Feuchte größer, als beim Garen im CPC bei 60 % Feuchte.

## Versuchsreihe C

Es liegt in allen Fällen eine Normalverteilung (David et al.-Test, $\zeta$ = 0,1 %) vor. Eine Homogenität der Varianzen liegt in drei Fällen nicht vor (F-Test, $\zeta$ = 0,1 %). Als Mittelwert-Test wird der Lord-Test als zweiseitiger Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 1 % angewendet bzw. im Fall der heterogenen Varianzen der Weir-Test, bei dem eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\zeta$ = 5 % festgelegt ist.

### TK-Broccoli

#### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-36: Ascorbinsäure in TK-Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 45,9 | 28,5 | 42,4 | 43,0 |
| s (±) | 0,9 | 1,6 | 2,3 | 1,3 |
| cv (%) | 2,0 | 7,1 | 6,1 | 4,0 |

Alle Verfahren führen zu einer signifikanten Abnahme im Ascorbinsäuregehalt, wobei der Verlust beim Kochen signifikant größer ist als bei den anderen beiden Verfahren. Zwischen dem Dämpfen und dem Garen in der Mikrowelle besteht kein signifikanter Unterschied.

#### *$\zeta$-Tocopherol*

**Tab. 5-37: $\zeta$-Tocopherol in TK-Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 1,26 | 1,20 | 1,43 | 1,36 |
| s (±) | 0,11 | 0,06 | 0,08 | 0,07 |
| cv (%) | 9,05 | 4,99 | 5,71 | 5,08 |

Bei keinem Garverfahren tritt eine signifikante Änderung zur Rohware ein. Die Gehalte beim Dämpfen und Garen in der Mikrowelle liegen signifikant über dem Kochen.

### *η-Carotine*

**Tab. 5-38: all-trans-η-Carotin in TK-Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,37 | 0,32 | 0,30 | 0,28 |
| s (±) | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| cv (%) | 4,86 | 5,25 | 13,64 | 9,05 |

Alle Garverfahren führen zu einer signifikanten Abnahme im all-trans-η-Carotin-Gehalt.

**Tab. 5-39: cis-η-Carotine in TK-Broccoli (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| s (±) | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| cv (%) | 11,11 | 20,29 | 13,03 | 15,91 |

Der Gehalt nach dem Garen in der Mikrowelle liegt signifikant unter dem der Rohware.

**Tab. 5-40: cis-/all-trans-Ratio in TK-Brocoli (in %)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 24,6 | 25,0 | 24,5 | 23,3 |
| s (±) | 3,6 | 4,4 | 3,3 | 4,1 |
| cv (%) | 13,1 | 19,1 | 10,9 | 16,5 |

Bei keinem Garverfahren tritt eine signifikante Änderung der cis/all-trans-Ratio ein.

### *Rohasche*

**Tab. 5-41: Rohaschegehalt in TK-Broccoli (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,42 | 0,28 | 0,43 | 0,45 |
| s (±) | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,01 |
| cv (%) | 10,65 | 13,78 | 9,18 | 1,71 |

Beim Kochen tritt ein signifikanter Verlust gegenüber der Rohware sowie den beiden anderen Garverfahren ein.

## TK-Paprika

### *Ascorbinsäure*

**Tab. 5-42: Ascorbinsäure in TK-Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 123,0 | 45,8 | 83,3 | 84,5 |
| s (±) | 7,2 | 1,4 | 2,3 | 6,4 |
| cv (%) | 5,8 | 3,0 | 2,8 | 7,6 |

Alle Verfahren führen zu einer signifikanten Abnahme im Ascorbinsäuregehalt, wobei der Verlust beim Kochen signifikant größer ist als bei den anderen beiden Verfahren. Zwischen dem Dämpfen und dem Garen in der Mikrowelle besteht kein signifikanter Unterschied.

### *ζ-Tocopherol*

**Tab. 5-43: ζ-Tocopherol in TK-Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 4,48 | 4,26 | 4,29 | 4,65 |
| s (±) | 0,42 | 0,34 | 0,31 | 0,17 |
| cv (%) | 9,39 | 8,03 | 7,21 | 3,62 |

Das Garen bewirkt keine signifikante Veränderung.

### *η-Carotine*

**Tab. 5-44: all-trans-η-Carotin in TK-Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,90 | 0,68 | 0,78 | 0,72 |
| s (±) | 0,06 | 0,04 | 0,10 | 0,09 |
| cv (%) | 6,85 | 6,41 | 12,61 | 12,85 |

Beim Kochen und Garen in der Mikrowelle tritt ein signifikanter Verlust auf.

**Tab. 5-45: cis-η-Carotine in TK-Paprika (mg/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,18 | 0,27 | 0,28 | 0,17 |
| s (±) | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,02 |
| cv (%) | 21,94 | 11,94 | 17,48 | 14,83 |

Das Kochen bewirkt einen signifikanten Anstieg gegenüber der Rohware und dem Garen in der Mikrowelle. Das Dämpfen bewirkt einen signifikanten Anstieg gegenüber der Mikrowelle.

**Tab. 5-46: cis-/all-trans-Ratio in TK-Paprika (in %)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 20,3 | 39,5 | 36,1 | 23,3 |
| s (±) | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 2,0 |
| cv (%) | 3,1 | 11,5 | 10,2 | 3,8 |

Die Ratio steigt beim Kochen und Dämpfen signifikant gegenüber der Rohware und dem Garen in der Mikrowelle an.

### *Rohasche*

**Tab. 5-47: Rohaschegehalt in TK-Paprika (g/100 g)**

| | Rohware | Kochen | Dämpfen | Mikrowelle |
|---|---|---|---|---|
| $\bar{x}$ | 0,58 | 0,22 | 0,37 | 0,37 |
| s (±) | 0,08 | 0,002 | 0,005 | 0,04 |
| cv (%) | 14,43 | 0,81 | 1,35 | 9,63 |

Alle Garverfahren führen zu einem signifikanten Verlust gegenüber der Rohware. Kochen führt weiterhin zu signifikant höheren Verlusten als das Dämpfen und das Garen in der Mikrowelle.

# 6 Diskussion

## *6.1 Sensorische Bewertung der Garverfahren*

Häufig sind in der Literatur Untersuchungen zur Vitaminerhaltung beim Garen von Gemüse zu finden, bei denen weder die zum Garen eingesetzte Menge an Lebensmittel noch die gewählte Garzeit danach ausgerichtet sind, dass am Ende auch ein schmackhaftes Garergebnis erzielt wird [vgl. Hudson 1985; Dietz 1988; Khachik 1992].

Mit Hilfe der Sensorischen Bewertung soll in dieser Arbeit sichergestellt werden, dass sich die Aussagen zu den Änderungen im Nährstoffgehalt auf die Art des Garens beziehen, wie sie auch im Haushalt durchgeführt wird. Nur so kann davon ausgegangen werden, dass die unter Laborbedingungen erzielten Ergebnisse auch auf den normalen Haushalt übertragbar sind.

Hierfür wird angestrebt, dass die sensorische Qualität der gegarten Gemüse mindestens ausreichend ist. Um Gleichheit zwischen den Garverfahren zu erreichen, sollen die Gemüse weiterhin nach allen Garverfahren den gleichen Garegrad aufweisen bzw. bei der sensorischen Prüfung möglichst keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren auftreten.

Hierzu ist jedoch zu sagen, dass im Labor die Garzeiten beim Kochen und Dünsten mit der Stoppuhr überwacht werden, wie es im Haushalt wahrscheinlich eher selten der Fall ist und bei diesen Verfahren somit die optimale Garzeit in der Praxis schneller überschritten wird als bei den Dampfgargeräten und der Mikrowelle, bei denen sich die gewünschte Garzeit einprogrammieren lässt.

Bei Betrachtung der Mediane der Einzelmerkmale bzw. der Gesamtbewertung der einzelnen Gemüse und Garverfahren lässt sich feststellen, dass die meisten Bewertungen im Bereich der hohen Qualität liegen und nur bei einigen Merkmalen Werte im Bereich der mittleren Qualität vorkommen (siehe Kap. 4.1).

Ein Problem bei der sensorischen Beurteilung der Gemüse ist die große Variabilität im Rohmaterial. Erschwerend kommt hierbei hinzu, dass das Gemüse ohne Zusatz von Gewürzen bzw. Soßen verkostet wird, die sensorische Mängel in der Rohware noch etwas verdecken könnten. Bei der

Auswahl der Frischgemüse kann noch darauf geachtet werden, dass z. B. die Paprika keine Flecken haben bzw. alle eine gleichmäßige rote Färbung aufweisen. Bei der TK-Ware muss jedoch darauf zurückgegriffen werden, was der Markt an fertiger Ware bietet, zumal nur ein einziger Anbieter mit Hilfe des Internets zu finden ist, der sortenreine rote Paprika in tiefgekühlter Form liefert. Meist sind nur Mischungen aus roter und grüner Paprika zu bekommen. Ebenso ist es den Karotten vorher nicht anzusehen, ob sie im Geschmack eher süß oder bitter sind. Einzelne Ausreißer im Rahmen der Häufigkeitsverteilung (siehe Kap. A-4.1 im Anhang) werden wahrscheinlich dadurch verursacht, dass einer Prüfperson bei der sensorischen Beurteilung zufällig eine Prüfprobe zugeteilt wird deren Ausgangsmaterial vom Durchschnitt abweicht. Indem jede Prüfperson jedes Verfahren dreimal zur Bewertung vorgelegt bekommt, wird jedoch vermieden, dass ein solcher Ausreißer zu einer starken Abwertung eines Verfahrens führt.

In den Versuchsreihen mit den Frischgemüsen und beim TK-Paprika treten fast keine signifikanten Unterschiede auf, während beim TK-Broccoli bei allen Merkmalen signifikante Unterschiede zwischen den Garverfahren zu finden sind. Diese Unterschiede lassen sich jedoch nicht durch Veränderungen der Garzeit korrigieren, sondern liegen meist am Garverfahren an sich. So weist z. B. das Kochen und Dämpfen beim frischen Broccoli eine signifikant bessere Formerhaltung auf als das Dünsten.

Beim Dünsten, das per Definition nur mit sehr wenig Wasser durchgeführt wird, liegen die Broccoliröschen direkt auf dem heißen Topfboden auf, was dazu führt, dass die einzelnen Knospen stark in Mitleidenschaft gezogen werden, was auch optisch gut erkennbar ist.

Bei den TK-Gemüsen wird der Geschmack beim Kochen stark negativ beeinflusst. Beim TK-Broccoli weist es zwar eine signifikant bessere Formerhaltung als das Dämpfen und eine bessere Texturerhaltung als das Garen in der Mikrowelle auf, dafür jedoch haben die gekochten Broccoliröschen einen wässrigen Geschmack.

Beim TK-Paprika hat das Kochen beim Geschmack ebenfalls eine signifikant schlechtere Note als das Dämpfen. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich darin begründet, dass die große Menge an Garflüssigkeit beim Kochen die Geschmacksstoffe auslaugt. Da aber Kochen per Definition „Garen in viel

Flüssigkeit“ ist, muss dieser Effekt hingenommen werden und ist eher ein Zeichen dafür, dass dieses Zubereitungsverfahren vermieden werden sollte.
Durch das Garen in der Mikrowelle wird die Textur beim TK-Broccoli stark negativ verändert. Dies macht sich vor allem darin bemerkbar, dass der Stiel des Röschens in der Mitte sehr weich wird, während die Außenschicht eher fest und trocken ist. Die Ursache hierfür liegt in der Art der Wärmeübertragung. Beim Kochen und Dämpfen, bei denen die Textur signifikant besser ist als bei der Mikrowelle, wird die Wärme erst mittels Konvektion zur Gargutoberfläche gebracht und dringt von dort per Wärmeleitung in das Gargutinnere hervor. Bei der Mikrowelle wird die Strahlung erst in das Innere des Gargutes gebracht, bevor sie in Wärme umgewandelt wird. In gefrorenen wasserhaltigen Lebensmitteln kommt noch hinzu, dass die Permittivitätszahl erst klein und die Eindringtiefe groß ist, d.h. das Lebensmittel wird sich erst im Inneren erwärmen. Beim Übergang von Eis zu Wasser erhöht sich die Permittivitätszahl sprunghaft, wodurch der Erwärmungsfaktor steigt und die Eindringtiefe abnimmt. Daraus lässt sich folgern, dass das Innere des Broccolis länger erwärmt wird, also weicher ist und das Äußere einer höheren Temperatur ausgesetzt ist und somit stärker austrocknet.
Dieses Phänomen ist auch im Rahmen von intern durchgeführten Untersuchungen beim Garen von frischem Gemüse in der Mikrowelle feststellbar. In der Mikrowelle werden bei frischem Gemüse lediglich die Rohaschebestimmungen durchgeführt. Da die Mineralstoffe beim Garen nicht zerstört werden, sondern lediglich aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit in die Garflüssigkeit übergehen können, ist nicht davon auszugehen, dass die fehlende Überprüfung der Garzeit durch eine Sensorische Bewertung einen gravierenden Einfluss auf diesen Untersuchungsparameter hat.
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die gewählten Garparameter den gewünschten Vorgaben im Hinblick auf Genussqualität bzw. Gleichheit der Garverfahren entsprechen. Es treten zwar wenige signifikante Unterschiede auf, diese sind aber für die entsprechenden Garverfahren typisch und physikalisch bedingt.

## *6.2 Masseveränderungen*

Beim Garen von Lebensmitteln treten Masseveränderungen ein, die aus der Aufnahme bzw. Abgabe von Wasser, Fett und wasserlöslichen Inhaltstoffen resultieren. Das Erhitzen führt zu einer Denaturierung der Proteine, was die Zerstörung von Zellorganellen und eine Vergrößerung der Interzellularräume bewirkt, in die dann Salze und Flüssigkeiten aus dem Zellinneren diffundieren können. Durch die Denaturierung der Membranproteine wird die Zellmembran für Wasser durchlässig, so dass Garflüssigkeit in die Zelle eindringen kann [Zacharias 1992; Greve 1994a ; Ternes 1996; Schwedt 1999].
Je nachdem welche dieser Vorgänge im Gargut überwiegen, tritt eine Abnahme oder Zunahme der Masse ein. Welche dieser Faktoren im Rahmen dieser Untersuchung die Masseveränderungen herbei führen, kann nur vermutet werden. Letztendlich würde nur die Analyse sämtlicher in Frage kommender Inhaltsstoffe der Gemüse vor und nach dem Garen bzw. ihr Gehalt in der Garflüssigkeit endgültige Klarheit schaffen. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei den folgenden Versuchen die Veränderungen im Feuchtigkeitsgehalt sowie der Übergang wasserlöslicher Proteine und Kohlehydrate in die Garflüssigkeit eine Rolle spielen.
Die Abnahmen im hier untersuchten Mineralstoff- bzw. Ascorbinsäuregehalt liegen eher im Milligrammbereich, so dass sie nur gering zu den hier entstehenden Veränderungen beitragen, ebenso wie es wahrscheinlich die anderen wasserlöslichen Vitamine tun. Die Abgabe bzw. Aufnahme von Fetten kann ebenfalls vernachlässigt werden, da die Gemüse selbst so gut wie kein Fett enthalten und beim Garen nichts zugegeben wird.

### 6.2.1 Versuchsreihe A

<u>Broccoli</u>

Beim Kochen von Broccoli tritt eine signifikant höhere Massezunahme als bei allen anderen Garverfahren ein. Diese resultiert daraus, dass bei diesem Verfahren der Broccoli komplett im Wasser schwimmt und die Hohlräume zwischen den Röschen können viel Flüssigkeit festhalten.
Beim Dünsten, Dämpfen und Druckdämpfen findet ebenfalls eine Massezunahme statt, die allerdings nur etwa halb so groß ist wie beim Dämpfen. Da bei diesen Verfahren der Broccoli nur mit dem Dampf bzw.

beim Dünsten auch mit wenig Garflüssigkeit in Kontakt kommt, kann hier weniger Wasser aufgenommen werden.

In der Mikrowelle findet eine signifikante Abnahme statt. Hier ist zu beobachten, dass nach dem Garen sehr viel Flüssigkeit im Mikrowellengeschirr steht, obwohl der Broccoli lediglich tropfnass hineingegeben wird, d. h. beim Garen tritt eine große Menge an Flüssigkeit aus dem Gargut heraus. In der Literatur sind häufiger Anmerkungen zu finden, dass das Garen in der Mikrowelle zu einer Verfestigung der Gewebe führt bzw. diese austrocknet [Gould 1989; Schnepf 1994; Howard 1999; Kidmose 1999]. Dies bestätigt sich beim Broccoli, wie auch bei allen anderen Gemüsen dieser Versuchsreihe.

Paprika

Beim Garen von Paprika findet bei allen Garverfahren eine signifikante Masseabnahme statt, wobei die Mikrowelle wieder die größten Verluste aufweist.

Die Paprika wird vor dem Garen erst geviertelt und dann in schmale Streifen geschnitten, so dass praktisch an vier Seiten Schnittflächen existieren, an denen das Gewebe verletzt ist und somit leichter ausgelaugt werden kann. Die Paprika enthalten, ebenso wie die Karotten, viel größere Mengen an Zuckern, wie z. B. Glucose und Fructose als der Broccoli und die Kartoffeln (siehe Tab. A-1 im Anhang). Treten diese aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit ins Gargut über, geht dies ebenfalls mit einer Massenabnahme einher.

Karotten

Bei den Karotten findet bei allen Garverfahren eine signifikante Masseabnahme statt. Karotten enthalten hohe Mengen an Glucose. Über die Veränderungen in der Zellwand bzw. der Textur beim Garen, Blanchieren und Einfrieren von Karotten gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen. Diese haben u. a. gezeigt, dass lösliches Pektin bzw. Galakturonsäure in die Garflüssigkeit übertritt und Glucose v. a. an den Schnittflächen leicht aus ihren interzellulären Speichern austreten kann [Ng 1997; Lo 2002]. In der Literatur sind ähnliche Werte mit Masseabnahmen von 8 % beim Kochen und 10 % beim Dämpfen bzw. 4 % beim Dünsten von Karotten zu finden [Zacharias 1992].

Kartoffeln

In der Mikrowelle und beim Druckdämpfen liegt eine signifikante Masseabnahme im Vergleich zu den anderen Garverfahren vor. Die Abnahme in der Mikrowelle ist, ebenso wie bei den anderen Gemüse, noch einmal signifikant höherer als im Dampfdruckgarer. Auch in der Literatur werden für das Kochen leichte Ab- oder Zunahmen von 3 - 4 % beschrieben bzw. für das Dämpfen eine Abnahme von 2 % [Bognár 1986; Zacharias 1992].

### 6.2.2 Versuchsreihe B

Paprika

Es findet bei allen Verfahren eine signifikante Masseabnahme statt, die beim Garen im CPC mit reduzierter Feuchte signifikant am größten ist. Allgemeine Gründe für die Masseverluste bei Paprika werden bereits bei Versuchsreihe A beschrieben.

Der große Verlust beim Garen mit reduzierter Feuchte lässt sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass das Gemüse aufgrund der geringeren Feuchtigkeit im Garraum austrocknet.

Karotten

Ebenso wie bei der Paprika findet hier ebenfalls die größte Masseabnahme beim Garen im CPC mit reduzierter Feuchte statt. Ursachen für die generelle Masseabnahme beim Garen von Karotten werden bereits bei Versuchreihe A beschrieben.

### 6.2.3 Versuchsreihe C

TK-Broccoli

Im Gegensatz zu den Versuchen mit frischem Broccoli findet hier bei allen Garverfahren eine signifikante Masseabnahme statt. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, dass sich um die einzelnen Broccoliröschen eine Art Hülle aus Eis befindet, die u. a. dazu beiträgt, dass das Gemüse schüttfähig ist. Beim Erhitzen geht diese Hülle und somit auch Masse verloren. Der Broccoli wird vor dem Einfrieren blanchiert. Dies führt zu einer Lockerung des Gewebes (siehe Kap. 2.2.6), die dann auch eventuell zu einem leichteren Austritt von Inhaltsstoffen aus dem Gemüse führen kann.

TK-Paprika

Ebenso wie beim frischen Paprika in den beiden vorherigen Versuchsreihen, findet beim Garen von TK-Paprika generell eine Masseabnahme statt, wobei die Mikrowelle die signifikant höchsten Verluste zeigt. Insgesamt liegen die Verluste zwei- bis dreimal höher als im frischen Paprika. Zwar wird der Paprika beim Tiefgefrieren nicht einzeln mit einer Eisschicht überzogen, wie es beim Broccoli der Fall ist, jedoch sind beim ihm ebenfalls größere Mengen an Eiskristallen rund um die Ware erkennbar. Außerdem ist der TK-Paprika ebenfalls blanchiert und in viel feinere Streifen geschnitten worden als der frische Paprika, wodurch sich die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen vergrößert und somit eine größere Fläche für Auslaugverluste liefert.

## *6.3 Vitamin- und Rohaschegehalte*

### 6.3.1 Vitamin C

#### 6.3.1.1 Ascorbinsäure zur Bestimmung von Vitamin C

Im Rahmen dieser Untersuchung wird zur Bestimmung des Vitamin C-Gehalts lediglich die Menge an AS bestimmt und auf die Ermittlung der DAS verzichtet. Dies erfolgt im Hinblick darauf, dass der notwendige Analysenschritt, der die DAS wieder in die AS umwandelt, ebenso dazu führen kann, dass AS in DAS umgewandelt wird und der mit dieser Methode bestimmte Gesamtascorbinsäuregehalt im Endeffekt einen niedrigeren Wert liefern kann als eine reine AS-Bestimmung [Reutter 2003a].

Untersuchungen haben außerdem gezeigt, dass in rohen und gegarten Frischgemüsen keine bzw. nur sehr geringe Mengen DAS nachgewiesen werden können [Lehnard 1979; Wimalasiri 1983; Vanderslice 1991; Petersen 1993].

#### 6.3.1.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur

Die Gehalte in den frischen Paprika aus Versuchsreihe A und B, sowie der beiden TK-Gemüse in Versuchsreihe C entsprechen den Angaben aus der Literatur [Wu 1992; Souci 1994]. Beim Broccoli und den Kartoffeln der Versuchsreihe A weist die Rohware viel zu niedrige Vitamin C-Gehalte auf, während die dazugehörigen gegarten Proben den Werten der Literatur entspre-

chen. Die Ursache hierfür kann nicht eindeutig geklärt werden. Jedoch ist bereits schon in älterer Literatur dieses Phänomen an Broccoli und Kartoffeln aufgetreten (siehe Kap. 2.4.2.5).
Alle Proben sind etwa zwei bis vier Wochen tiefgekühlt gelagert und für die Analyse gefroren zerkleinert worden. Eine mögliche Erklärungen ist, dass in den rohen Proben die Enzymaktivität der Ascorbinsäureoxidase noch soweit ausreichend ist, dass das Vitamin während der TK-Lagerung abgebaut wird. Aufgrund der kurzen Lagerzeit ist es aber eher unwahrscheinlich, dass dies die alleinige Ursache für einen solch hohen Verlust darstellt.
Eventuell kann sich beim Zerteilen des Broccolis in Röschen Ascorbigen gebildet haben, das in der Rohware durch die fehlende Erhitzung nicht mehr abgebaut wird (siehe Kap. 2.4.2.5).
Aufgrund der geringen Rohwaregehalte wird im Folgenden beim Broccoli und den Kartoffeln der Versuchsreihe A nur ein Vergleich der Garverfahren untereinander vorgenommen.

#### 6.3.1.3 Auswirkung der Garverfahren

**Versuchsreihe A**

Broccoli

Beim Broccoli ist der Ascorbinsäuregehalt beim Druckdämpfen signifikant am höchsten und beim Kochen am niedrigsten. Wie es bei einem wasserlöslichen Vitamin zu erwarten ist, ist der Gehalt beim Kochen in viel Wasser niedriger als bei den drei wasserarmen Garverfahren. Das Dämpfen liefert im Mittel einen etwa 30 % höheren Gehalt als das Kochen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Verfahren entspricht damit dem Wert aus der Literatur [Hudson 1985]. Das Druckdämpfen scheint gegenüber den beiden Verfahren unter Normaldruck noch den Vorteil zu haben, dass durch die kürzere Garzeit eine bessere Erhaltung gegeben ist.

Paprika

Bei der Paprika liegen die Verluste der drei wasserarmen Garverfahren im Mittel zwischen 14 und 15 %, während das Kochen einen Verlust von 30 % verursacht.

Kartoffel

Bei der Kartoffel sind zwischen den einzelnen Garverfahren keine signifikanten Unterschiede zu finden. Das Kochen scheint hier genauso gut zu sein wie die wasserarmen Garverfahren, was im Widerspruch zur Literatur steht [Bognár 1986]. Dies könnte darin liegen, dass die Kartoffelstücke in der hier vorliegenden Studie größer sind als bei Bognár und einer kürzeren Garzeit unterzogen werden, wodurch die Auslaugung reduziert wird.

**Versuchsreihe B**

Paprika

Beim Vergleich der Großküchenverfahren zeigt sich, dass das Garen im Combidämpfer sowohl bei 100 als auch bei 60 % Feuchte eine bessere Erhaltung aufweist als das Kochen. In der Tendenz weist das Garen bei 60 % Feuchte auch eine bessere Erhaltung auf als das Garen bei 100 % Feuchte. Der Unterschied ist aber, anders als bei den ebenfalls wasserlöslichen Mineralstoffen, nicht signifikant. Scheinbar wiegen Faktoren wie Hitze und Sauerstoff die mögliche Schonung der Ascorbinsäure durch eine geringere Feuchtigkeit auf.

**Versuchsreihe C**

TK-Broccoli

Die Verluste beim Dämpfen und Garen in der Mikrowelle liegen im Mittel bei nur 8 bzw. 5 %, während das Kochen einen Verlust von 38 % verursacht. Die Verluste liegen dabei weit unter denen von Hudson, der für das Dämpfen und Garen in der Mikrowelle Verluste von 26 und 23 % angibt [Hudson 1985].

TK-Paprika

Bei der TK-Paprika treten durch das Dämpfen und Garen in der Mikrowelle Verluste von etwa 32 % auf, beim Kochen gehen sogar 62 % verloren. Die Verluste beim Kochen und Dämpfen sind damit doppelt so hoch wie bei der frischen Paprika in Versuchsreihe A. Dies kann daran liegen, dass die TK-Paprika in schmalere Streifen geschnitten sind als die frische Paprika und somit eine größere Oberfläche im Verhältnis zum Volumen haben, was eine höhere Auslaugung mit sich bringt. Außerdem ist durch das Blanchieren und den Tiefkühlprozess das Gewebe bereits gelockert, wodurch die Ascorbinsäure wahrscheinlich auch leichter angreifbar ist.

Insgesamt zeigt sich, dass die wasserarmen Verfahren grundsätzlich besser abschneiden als das Kochen, was bei einem wasserlöslichen Vitamin nicht verwundert.
Zudem wird auch deutlich, dass das Dampfdruckgaren trotz der höheren Temperatur genauso gut oder sogar noch besser sein kann als die wasserarmen Verfahren unter Normaldruck.
Dies lässt sich unter Betrachtung der Gleichung zur Wärmeübertragung durch Konvektion (Gl.-2) in Kapitel 2.1.2 erklären. Im Dampfdruckgarer liegt durch die höhere Temperatur zwar eine größere Temperaturdifferenz vor als beim Garen unter Normaldruck, dafür ist jedoch die Garzeit kürzer, wodurch hier im Endeffekt die gleiche Energiemenge in Form von Wärme übertragen wird als bei den Verfahren unter Normaldruck.

## 6.3.2 Vitamin E

### 6.3.2.1 ζ-Tocopherol zur Bestimmung von Vitamin E

Die Beurteilung des Vitamin E-Gehalts erfolgt über die Bestimmung von ζ-Tocopherol. Da dieses die höchste biologische Aktivität besitzt und sowohl im Broccoli als auch im Paprika den weitaus größten Anteil an Vitamin E liefert, kann davon ausgegangen werden, dass der ζ-Tocopherolgehalt dieser Gemüse ihrem Vitamin E-Gehalt in etwa entspricht [Friedrich 1987; Machlin 1991; Souci 1994; Kurilich 1999].
Auch andere Autoren geben für Broccoli und Paprika nur den ζ-Tocopherol-Gehalt bzw. nur so geringe Mengen anderer Tocopherole an, dass diese hier vernachlässigt werden können [Konings 1996; Daood 1999; Kurilich 1999].

### 6.3.2.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur

Ein Vergleich der hier gemessenen Werte mit Angaben aus der Literatur ergibt, dass der mittlere Gehalt im frischen Broccoli fast exakt genauso groß ist wie der Wert aus eigenen früheren Untersuchungen [Schlich 2001]. Die Gehalte anderer Literaturstellen liegen darüber [Piironen 1986; Souci 1994; Kurilich 1999].
Der mittlere ζ-Tocopherolgehalt der roten Paprika übersteigt die Literaturwerte [Piironen 1986; Lehmann 1986; Souci 1994]. Allerdings beziehen sich

alle Literaturangaben auf grünen Paprika und Untersuchungen haben gezeigt, dass die Umwandlung von Chloroplasten in Chromoplasten, wie sie bei der Reifung von grünem zu rotem Paprika stattfindet, mit einer vermehrten Tocopherolsynthese einhergeht, was die hier gefundenen höheren Gehalte erklärt. Der Vitamin E-Gehalt in Lebensmitteln ist außerdem z. T. starken saisonalen Schwankungen unterworfen (siehe Kap. 2.4.3.2).

#### 6.3.2.3 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Broccoli

Durch das Garen steigt der ζ-Tocopherolgehalt im frischen Broccoli bei allen Verfahren signifikant im Vergleich zur Rohware an. Zwischen den einzelnen Verfahren ist dabei kein Unterschied festzustellen. ζ-Tocopherol ist ebenso wie η-Carotin in grünen Pflanzen vor allem in den Chloroplasten enthalten. Von η-Carotin ist bekannt, dass eine milde Hitzebehandlung zu einer besseren Extrahierbarkeit aus der Pflanzenzelle führt, woraus auch eine bessere Verfügbarkeit für den Menschen resultieren soll (siehe Kap.2.4.3.2). Bei ζ-Tocopherol scheint dies ähnlich zu sein.

Unter Berücksichtigung der Oxidationsempfindlichkeit von ζ-Tocopherol bei Anwesenheit von Sauerstoff lässt sich vermuten, dass beim Garen unter Druck durch den Ausschluss von Sauerstoff ein zusätzlicher positiver Effekt ausgeübt wird. Tatsächlich ist der mittlere ζ-Tocopherolgehalt nach dem Garen im Dampfdruckgarer am höchsten, der Unterschied zu den anderen Verfahren ist aber nicht signifikant. Ähnliche Ergebnisse liefert eine eigene zu einem früheren Zeitpunkt durchgeführte Untersuchung [Schlich 2001]. Dort erzielt das Garen von Broccoli im Dampfdrucktopf auf der Kochplatte ebenfalls den höchsten mittleren ζ-Tocopherolgehalt, der sich aber auch nicht von den Gehalten der anderen Verfahren signifikant unterscheidet.

Beim TK-Broccoli tritt durch das Garen keine signifikante Veränderung im Vergleich zur Rohware ein. Die Gehalte beim Garen im Dampfdrucklosgarer und in der Mikrowelle liegen jedoch signifikant über dem Kochen. Im ungegarten TK-Broccoli ist der Gehalt deutlich höher als in der frischen Rohware, während nach dem Garen die Verhältnisse genau umgekehrt sind. Broccoli wird vor dem Einfrieren blanchiert, wodurch es bereits zu einem Zerreißen der Zellmembran und Lockerung des Gewebes kommen kann [Herrmann 1996]. Das Blanchieren kann also dazu führen, dass die

Extraktionsfähigkeit des ζ-Tocopherols steigt wie bereits bei Lutein und η-Carotin beobachtet [Oruña-Concha 1997]. Eine weitere Freisetzung durch das Garen scheint danach nicht mehr einzutreten. Allerdings können die Gehalte des frischen und TK-Broccoli nicht direkt miteinander verglichen werden, da beide aus unterschiedlichen Ausgangswaren stammen, deren ζ-Tocopherolgehalte entsprechend voneinander abweichen können. Die bereits erwähnten früheren Untersuchungen an frischem und TK-Broccoli haben ähnliche Ergebnisse gezeigt, jedoch mit dem Unterschied, dass beim Garen von TK-Broccoli noch ein leichter Anstieg im ζ-Tocopherolgehalt zu verzeichnen ist [Schlich 2001]. Dies resultiert wahrscheinlich daraus, dass bei der damaligen Untersuchung keine Massenkorrektur vorgenommen worden ist. Vor allem beim Garen von TK-Broccoli tritt aber ein Verlust von über 20 % ein. Bei Übertragung der in der jetzigen Untersuchung ermittelten Masseverluste auf die frühere Studie, tritt dort ebenfalls kein Anstieg des ζ-Tocopherolgehalts beim TK-Broccoli auf.

Weitere Literatur, die sich mit diesem Thema beschäftigt, ist wenig vorhanden [Loh 2002]. Eine Untersuchung nennt für gekochten TK-Broccoli einen Gehalt von 1,01 mg/100 g, welcher mit dem hier gefundenen Wert vergleichbar ist [Lehmann 1986]. Untersuchungen an anderen Gemüsen berichten von Verlusten bis zu 3,7 % beim Kochen bzw. Zunahmen von 18 % beim Garen im Dampfkochtopf [Booth 1963b; Brubacher 1966]. Diese Ergebnisse stammen jedoch aus den 60er Jahren und werden von den Autoren z. T. selbst angezweifelt.

#### 6.3.2.4 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Paprika

In der frischen roten Paprika tritt durch das Garen keine signifikante Veränderung im ζ-Tocopherolgehalt ein. Bei der reinen Betrachtung der Mittelwerte, scheint das Garen sogar zu einer Abnahme zu führen. Beim TK-Paprika tritt durch das Garen keine signifikante Veränderung ein. Das Garen in der Mikrowelle liegt im Mittel über der Rohware, Kochen und Dämpfen darunter.

Rote Paprika gehört zu den Fruchtgemüsen, botanisch gesehen handelt es sich um eine Beere [Franke 1997]. Das ζ-Tocopherol liegt hier, ebenso wie η-Carotin, in den Chromoplasten vor. Untersuchungen haben gezeigt, dass

das η-Carotin aus Früchten besser absorbierbar ist als aus grünen Gemüsen [de Pee 1995 und 1998]. Für ζ-Tocopherol könnten ähnliche Verhältnisse vorliegen, wobei noch unklar ist, welchen Einfluss die Lebensmittelmatrix auf die Absorption und Bioverfügbarkeit ausübt [Bramley 2000].
Der ζ-Tocopherolgehalt der TK-Paprika liegt sowohl in der rohen als auch in der gegarten Form etwas über denen der frischen Paprika, was wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Ausgangswaren zurückzuführen ist.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass bei der Frischware bzw. beim TK-Broccoli die Wahl des Garverfahrens keinen Einfluss auf die ζ-Tocopherolerhaltung hat. Beim frischen Broccoli scheint es eher darauf anzukommen, dass er überhaupt auf irgendeine Weise gegart wird, um die Freisetzung von ζ-Tocopherol zu fördern. Bei der TK-Paprika spielt das Garverfahren in Bezug auf die ζ-Tocopherolerhaltung keine Rolle.

### 6.3.3 η-Carotin

#### 6.3.3.1 Bestimmung von η-Carotin in der all-trans und cis-Form

In der vorliegenden Untersuchung wird bei der Bestimmung des η-Carotin-Gehalts eine Methode (DIN EN 12823-2 2000-07) gewählt, bei der eine Auftrennung nach der all-trans- und den cis-Formen möglich ist. Dies erfolgt um zu überprüfen, ob durch die hier untersuchten Garverfahren ein Anstieg der cis-η-Carotine erfolgt, wie es in der Literatur für die unterschiedlichen Verfahren der Lebensmittelverarbeitung beschrieben ist (siehe Kap. 2.4.4.1). Allerdings können die cis-Formen nur in ihrer Gesamtsumme angegeben werden. Die Berechnung erfolgt dabei über die Flächenauswertung unter den Peaks mithilfe des Kalibrationsfaktors der all-trans-Form, da für die cis-Formen keine eigenen Standards zu Verfügung stehen [Reutter 2003a].
Versuche mit synthetisch hergestellten Standards verschiedener cis-Isomere haben gezeigt, dass bei der oben beschriebenen Vorgehensweise der Gesamt-η-Carotingehalt nur um maximal 4 % unterschätzt wird [Schuep 1997].

#### 6.3.3.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur

Über die η-Carotin-Gehalte der hier untersuchten Gemüse liegen in der Literatur eine Vielzahl von Daten vor, die jedoch zum Teil stark voneinander abweichen. Dies resultiert zum einen aus den unterschiedlichen Anbaubedingungen der jeweils verwendeten Gemüse, aber auch aus den unterschiedlichen Analysemethoden. Die meisten Untersuchungen geben außerdem nur einen Wert für η-Carotin an, ohne zwischen der all-trans und den cis-Formen zu unterscheiden. Der hier untersuchte rohe Broccoli liegt weit unter den Literaturangaben [Souci 1994; Kurilich 1999]. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass die Versuche im August durchgeführt worden sind und zu diesem Zeitpunkt die η-Carotin-Gehalte saisonbedingt niedrig liegen [Heinonen 1989]. Außerdem machen die Stiele, in denen der η-Carotin-Gehalt wesentlich niedriger ist als in den Röschen, einen großen Teil des hier verwendeten Untersuchungsmateriales aus [Schonhof 1996]. Bei der Paprika und den Karotten fällt ebenfalls auf, dass die Ware aus der Versuchsreihe A, welche auch im August eingekauft worden ist, um einiges niedriger liegt als die Ware der Versuchsreihe B, die aus dem Januar stammt. Die Werte der Karotten entsprechen ebenfalls den saisonbedingt unterschiedlichen Gehalten, die bereits Heinonen für diese Zeiträume bestimmt hat [Heinonen 1989]. Die Gehalte der Paprika liegen in den Bereichen wie sie in der Literatur zu finden sind [Granado 1992; Souci 1994]. Für die TK-Waren ist in der Literatur nur ein Wert für Broccoli zu finden, der mit dem hier gefundenen Gehalt gut übereinstimmt [Wu 1992]. Der Gehalt im TK-Paprika liegt im Bereich der Literaturwerte für frische Ware [Granado 1992; Souci 1994].

#### 6.3.3.3 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Broccoli

Alle Garverfahren führen beim frischen Broccoli zu einem signifikanten Anstieg des all-trans-η-Carotins und der cis-Formen. Dies haben bereits Hart und Lessin nach dem Kochen und Howard nach dem Garen in der Mikrowelle von frischem Broccoli nachgewiesen [Hart 1995; Lessin 1997; Howard 1999]. Eigene Untersuchungen haben ebenfalls einen Anstieg im η-Carotin-Gehalt im Broccoli durch verschiedene Garverfahren gezeigt [Schlich 2001].

Im Broccoli liegt das η-Carotin in Form von Pigment-Protein-Komplexen in den Chloroplasten als sogenannte Carotenoproteine vor, aus denen es nur sehr schwer freigesetzt werden kann [de Pee1995].
Durch die Hitzeeinwirkung beim Garen wird u. a. das Pflanzengewebe gelockert und Proteine denaturiert (siehe Kap. 2.3.4.1), was letztendlich dazu führt, dass die Carotinoide aus ihren Bindungen freigesetzt werden, wodurch die Extraktionsfähigkeit und wahrscheinlich auch die Verfügbarkeit für den Menschen erhöht wird (siehe Kap. 2.4.4.2).
Beim TK-Broccoli hingegen führen alle Garverfahren zu einer signifikanten Abnahme im all-trans-η-Carotin -Gehalt, die im Mittel etwa zwischen 14 und 25 % liegt. Somit zeigen sich hier ähnliche Verhältnisse wie beim ζ-Tocopherol im frischen und TK-Broccoli, deren Ursache wahrscheinlich auch wieder im Blanchieren liegt (siehe Kap. 6.3.2.3.). Durch die mit dem Blanchieren einhergehende Hitzeeinwirkung werden bereits zu diesem Zeitpunkt schon Proteine denaturiert, wodurch die Carotinoide besser freigesetzt werden. Dies führt jedoch auch dazu, dass sie anschließend leichter in die Garflüssigkeit übertreten können [Howard 1999]. Die all-trans-η-Carotin-Verluste könnten somit aus dem Übertritt in die Garflüssigkeit resultieren. Für diese Begründung spricht, dass kein Anstieg der cis-η-Carotine zu beobachten ist.
Aufgrund der vorliegen Ergebnisse lässt sich sagen, dass das Garen von frischem Broccoli eine Freisetzung des η-Carotins bewirkt, wodurch dessen Verfügbarkeit für den Menschen erhöht werden kann, während beim Garen der TK-Ware mit einer Abnahme des η-Carotin-Gehalts zu rechnen ist.

#### 6.3.3.4 Auswirkungen des Garens bei frischem und TK-Paprika

Beim frischen Paprika führen in Versuchsreihe A das Dünsten, Dämpfen und Druckdämpfen zu einer signifikanten Abnahme im all-trans-η-Carotin Gehalt, während in Versuchsreihe B keine signifikanten Veränderungen eintreten. Unter Betrachtung der Mittelwerte zeichnet sich ein Trend ab, der darauf hindeutet, dass auch das Kochen in Versuchreihe A bzw. die Garverfahren der Versuchsreihe B zu Verlusten im all-trans-η-Carotin Gehalt führen, aber nicht signifikant nachweisbar ist. Eine Veränderung im Gehalt der cis-η-Carotine ist in keiner der beiden Versuchsreihen zu finden.

Im TK-Paprika der Versuchsreihe C tritt beim Kochen und Garen in der Mikrowelle ein signifikanter Verlust an all-trans-η-Carotin auf, während das Dämpfen nur im Mittel unter der Rohware liegt, ohne eine signifikante Veränderung zu zeigen. Bei den cis-Formen führt nur das Kochen zu einem signifikanten Anstieg.

Insgesamt zeigt sich, dass das Garen in der Tendenz eher einen negativen Einfluss auf den η-Carotin-Gehalt sowohl von frischem als auch von TK-Paprika zu haben scheint. Die Paprika zählt zu den Fruchtgemüsen [Franke 1997]. In Früchten liegt η-Carotin in den Chromoplasten in Öltropfen gelöst vor, aus denen es besser verfügbar ist als aus grünen Gemüsen [de Pee 1995 und 1998]. In dieser Form scheint es aber auch anfälliger gegen Zerstörung durch Oxidation zu sein, welche die Hauptursache für den Abbau und den Verlust von Carotinoiden ist [Rodriguez-Amaya 1997].

#### 6.3.3.5 Auswirkungen des Garens bei Karotten

In Versuchsreihe A führt nur das Kochen zu einem signifikanten Anstieg im all-trans-η-Carotin-Gehalt. In Versuchsreihe B verursacht kein Verfahren eine signifikante Veränderung im Vergleich zur Rohware, allerdings liegt der mittlere Gehalt nach dem Kochen höher als der mittlere Wert der Rohware und ist auch signifikant höher als die Gehalte nach den beiden Verfahren im Combidämpfer, bei denen im Mittel eine Abnahme zu verzeichnen ist.

Die Verfügbarkeit des η-Carotins aus Karotten wird vor allem durch seine kristalline Form und sein Gehalt an Pektin u. ä. Fasern beeinflusst (siehe Kap. 2.4.4.2).

Einen signifikanten Anstieg beim Kochen von Karotten, wie er hier in Versuchsreihe A auftritt, hat bereits Granado nachgewiesen [Granado 1992]. Die Ursache hierfür könnte eventuell darin liegen, dass beim Kochen in viel Wasser, das durch das Garen löslich gewordene Pektin in die Garflüssigkeit übertritt und somit nicht mehr auf das η-Carotin in den Karotten inhibierend wirken kann.

Der Gehalt an cis-Formen steigt in der Versuchsreihe A nach allen Garverfahren außer dem Druckdämpfen an. Dies kann entweder darauf hindeuten, dass beim Druckdämpfen das all-trans-η-Carotin am besten geschont oder aber auch, dass dieses Verfahren das aggressivste ist, bei dem

erst gar keine cis-Formen mehr zu finden sind, sondern das η-Carotin sofort komplett zerstört wird. Letzteres ist im Hinblick darauf, dass das Dampfdruckgaren im Mittel den niedrigsten all-trans-η-Carotin-Gehalt aufweist wahrscheinlicher.

Howard hat beim Garen von frischen Karotten in der Mikrowelle ebenfalls keine signifikante Veränderung im all-trans-η-Carotin-Gehalt festgestellt [Howard 1999].

Untersuchungen haben gezeigt, dass aus einem Karottenpüree (handelsüblicher Babybrei), zu dessen Herstellung eine intensivere Hitzeeinwirkung bzw. Zerkleinerung notwendig ist als bei gegarten Karotten, die Verfügbarkeit des η-Carotins ansteigt, während zwischen den gegarten Karotten und rohen pürierten Karotten kein Unterschied zu finden ist [Edwards 2002].

Auch Poor konnte an jungen Rindern, welche mit homogenisierten rohen oder gedämpften Karotten gefüttert wurden, keine signifikanten Unterschiede in der η-Carotin Konzentration von Serum und Gewebe feststellen. Allerdings konnte er bei der Analyse der gedämpften Karotten einen geringen aber signifikant höheren η-Carotin-Gehalt als bei den rohen Karotten nachweisen. Dies kann jedoch aus der fehlenden Korrektur der Masseveränderung beim Dämpfen der Karotten herrühren [Poor 1993].

Eine weitere Studie hat bei Versuchen in vitro festgestellt, dass das Pürieren einen bedeutenderen Einfluss auf die Freisetzung von η-Carotin während der Verdauung hat als das Garen, wobei die Zugabe von Fett diesen Effekt noch verstärkt [Hedrén 2002].

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Karotte, trotz ihres sehr hohen η-Carotin-Gehalts, nur dann ein guter Lieferant dieses Biomarkers zu sein scheint, wenn sie entsprechend zubereitet wird. Wichtig scheint hierbei vor allem die richtige Zerkleinerung und die Zugabe von Fett zu sein, während das Erhitzen eher nachrangig ist.

### 6.3.3.6 Auswirkungen des Garens auf die cis-/all-trans-Ratio in den Gemüsen

Um die Auswirkungen des Garens auf den all-trans- und cis-η-Carotin-Gehalt besser beurteilen zu können, wird die sogenannte cis-/all-trans-Ratio ermittelt [Loh 2003a]. Dafür wird der Gehalt an cis-η-Carotinen und all-trans-η-Carotin prozentual zueinander ins Verhältnis gesetzt (siehe Abb. 6-1 bis 6-7 bzw. die statistische Auswertung in Kap. 5.2.2.2).

Auf diese Weise ist zu erkennen, ob und wie sich das Verhältnis von cis-η-Carotinen zu all-trans-η-Carotin durch das Garen der Gemüse im Vergleich zur Rohware verändert.

Aufgrund der Umwandlung der absoluten Zahlen in prozentuale Verhältnisse lassen sich diese Veränderungen auch zwischen den verschiedenen Gemüsen besser vergleichen.

**Versuchsreihe A**

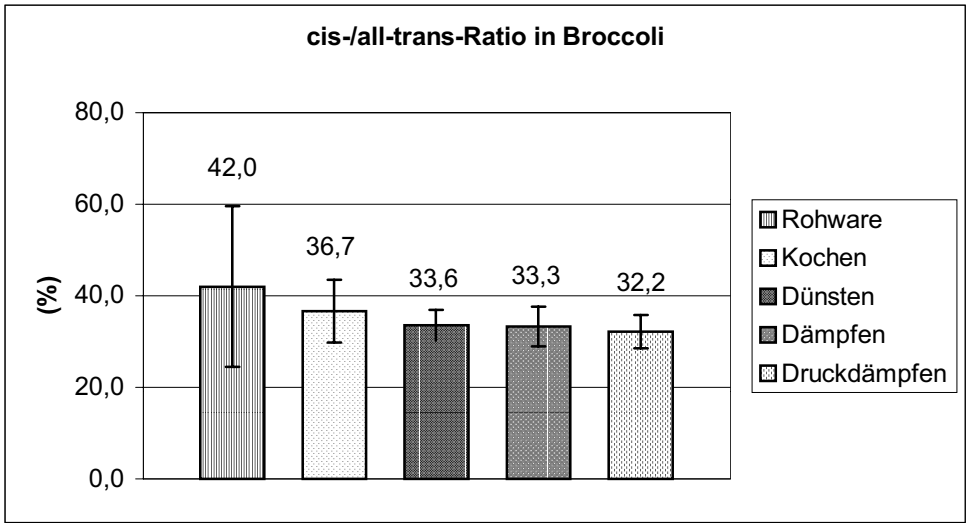



**Abb. 6-1: cis-/all-trans-Ratio in Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

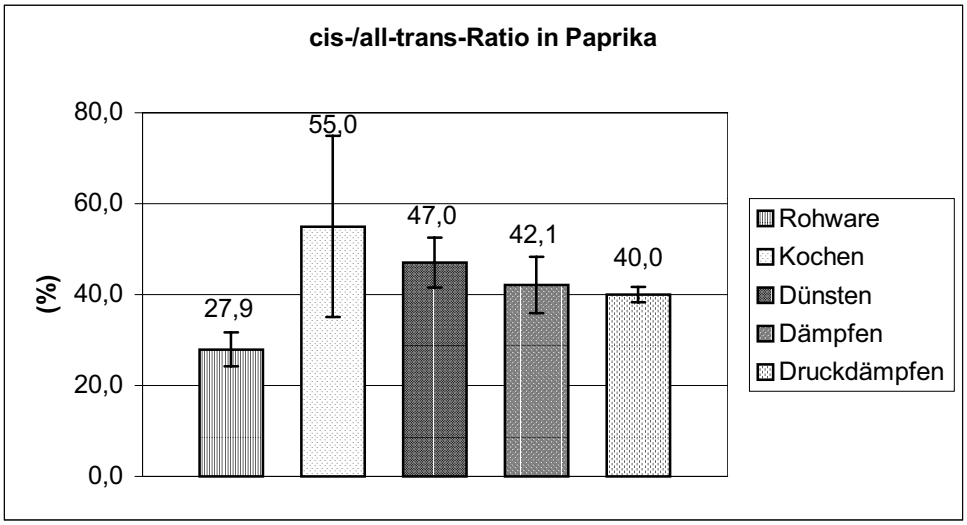



**Abb. 6-2: cis-/all-trans-Ratio in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

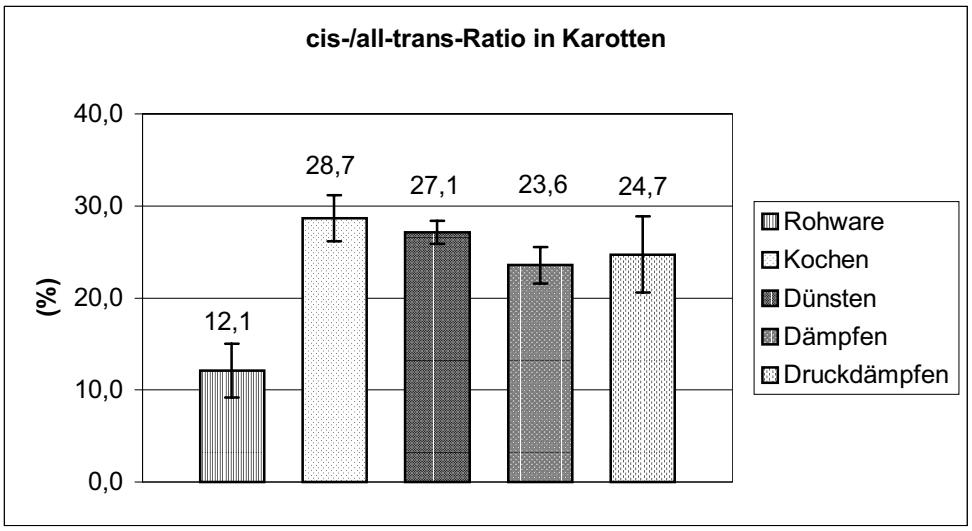



**Abb. 6-3: cis-/all-trans-Ratio in Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

## Versuchsreihe B

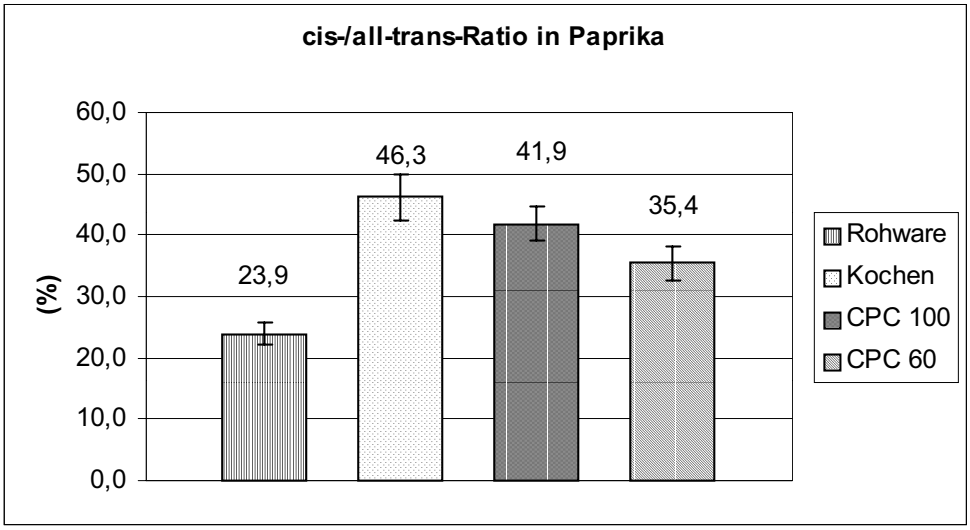



**Abb. 6-4: cis-/all-trans-Ratio in Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

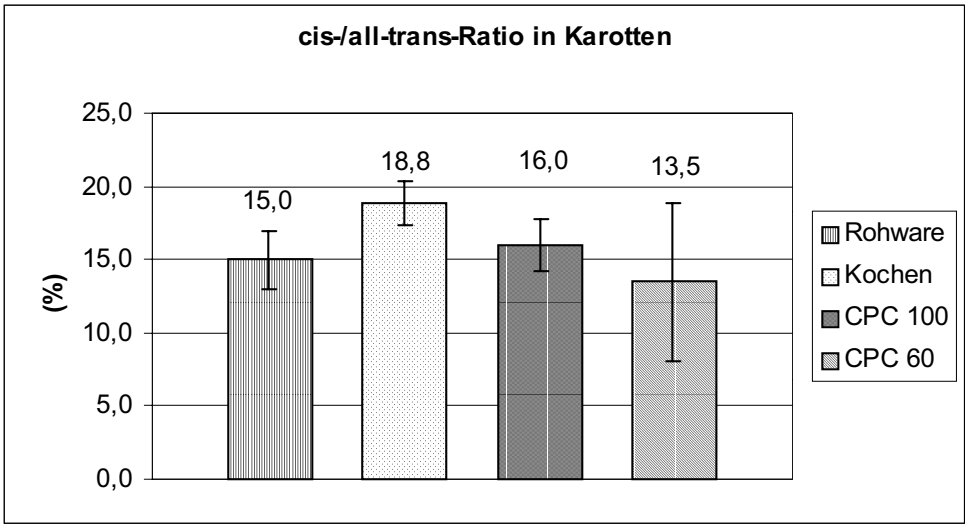



**Abb. 6-5: cis-/all-trans-Ratio in Karotten ($\bar{x} \pm s$)**

## Versuchsreihe C

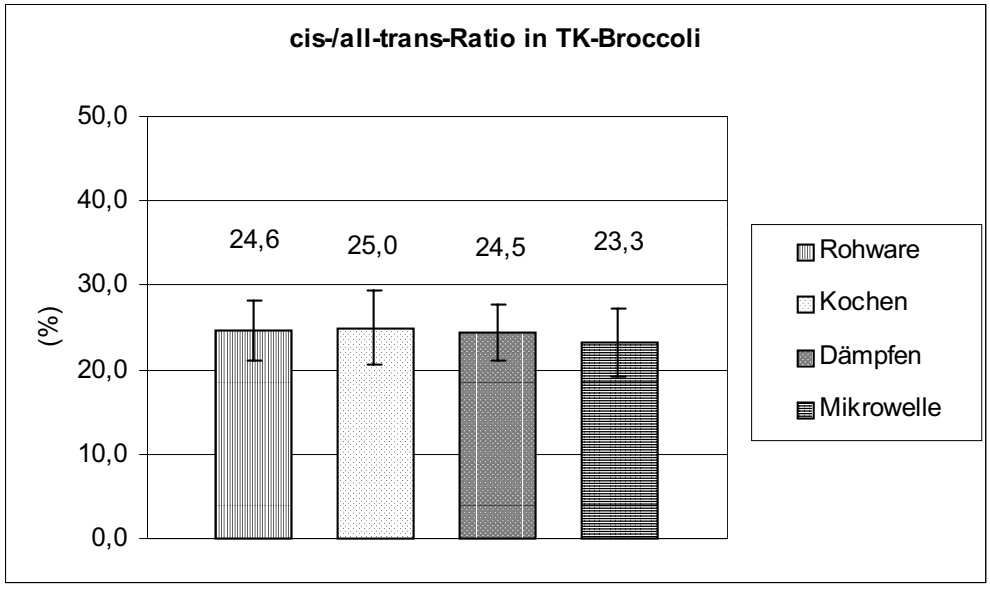



**Abb. 6-6: cis-/all-trans-Ratio in TK-Broccoli ($\bar{x} \pm s$)**

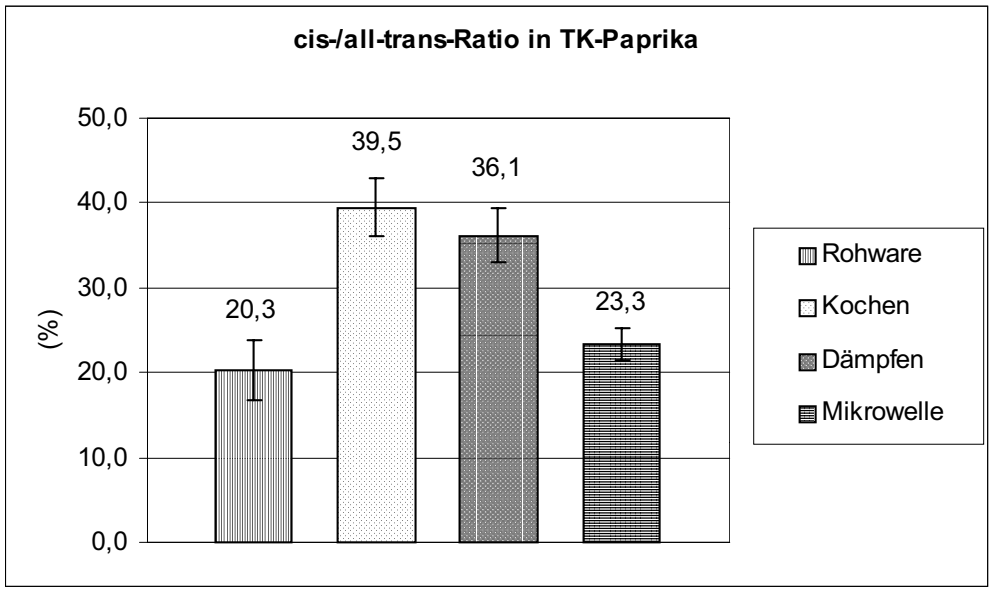



**Abb. 6-7: cis-/all-trans-Ratio in TK-Paprika ($\bar{x} \pm s$)**

Es fällt auf, dass beim frischen Broccoli der Versuchsreihe A (Abb. 6-1), bei dem das Garen sowohl zu einem signifikanten Anstieg der all-trans als auch der cis-Formen führt, im Endeffekt die Ratio unverändert bleibt bzw. im Mittel sogar absinkt. Der Anstieg der cis-Formen kann hier eventuell auch aus einer Freisetzung der natürlicherweise in geringen Mengen vorhandenen cis-Isomere kommen, statt auf eine Umwandlung der all-trans-Form hindeuten.

Beim TK-Broccoli treten keine signifikanten Veränderungen ein (Abb. 6-6). Beim frischen Paprika der Versuchsreihe A (Abb. 6-2) und dem TK-Paprika in Versuchsreihe C (Abb 6-7) ist der Verlust an all-trans-η-Carotin fast immer mit einem signifikanten Anstieg der Ratio verbunden.
In der Versuchsreihe B, bei der es beim Paprika zwar keine signifikante Veränderung im all-trans-η-Carotin-Gehalt gibt, die Werte der gegarten Proben im Mittel aber doch unter dem Gehalt der Rohware liegen, steigt die Ratio ebenfalls signifikant an (Abb. 6-4).
Bei den Karotten lässt sich kein einheitlicher Trend feststellen. Während in Versuchsreihe A (Abb. 6-3) ein signifikanter Anstieg der Ratio zu verzeichnen ist, kommt es in Versuchsreihe B (Abb. 6-5) zu keiner signifikanten Veränderung.
Dies könnte ein weiterer Hinweis darauf sein, dass das Garen von frischem Broccoli einen positiven Effekt hat, da neben der Freisetzung des η-Carotins auch eine geringere cis-/all-trans-Ratio eintritt. Das Garen von Paprika hingegen verursacht eher eine Verschlechterung sowohl im η-Carotin-Gehalt als auch in der Ratio.

### 6.3.4 Rohasche

#### 6.3.4.1 Bestimmung der Rohasche zur Ermittlung der Mineralstofferhaltung

Der Mineralstoffgehalt wird über die Bestimmung der Rohasche gemessen. In dieser können neben den Mineralstoffen auch Kohlepartikel aus unvollständigen Verbrennungen sowie sonstige anorganische Bestandteile enthalten sein, die bei bodennah wachsenden Gemüsen durch Verunreinigungen aus Sand und Erde verursacht werden [Matissek 1992].
Da das hier verwendete Gemüse vor der Zubereitung gewaschen und geputzt wird, können Verunreinigungen, die das Analysenergebnis beeinflussen, ausgeschlossen werden. Bei der Veraschung wird außerdem darauf geachtet, dass diese vollständig erfolgt und praktisch keine Kohlepartikel vorhanden sind, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das Ergebnis der Rohaschebestimmung gut mit dem Mineralstoffgehalt korreliert.

Weiterhin wird auch in anderen Studien die Aschebestimmung zur Angabe des Mineralstoffgehalts verwendet [Bielig 1977; Bognár 1986; Herrmann 1994]. Im folgenden werden aus diesen Gründen die Begriffe Asche- und Mineralstoffgehalt synonym verwendet.

#### 6.3.4.2 Vergleich der Rohwarengehalte mit Angaben aus der Literatur

Die hier gemessenen Werte liegen mit zwei Ausnahmen alle im Rahmen der Schwankungsbreite, die in der Nährwerttabelle für den Mineralstoffgehalt der hier untersuchten Lebensmittel gemacht werden. Lediglich die Gehalte im rohen Broccoli und in den rohen Karotten der Versuchsreihe A liegen geringfügig darunter. Allerdings ist für den Broccoli in der Nährwerttabelle auch nur ein Wert ohne Schwankungsbereich angegeben und bei der Karotte ist die Abweichung nur geringfügig [Souci 1994].
Auch beim TK-Broccoli liegt der hier gefundene Aschegehalt unterhalb des Literaturwertes [Herrmann 1994].

#### 6.3.4.3 Auswirkung der Garverfahren

**Versuchsreihe A**

Bei allen vier Gemüsen verursacht das Kochen die größten Mineralstoffverluste. Am größten sind sie beim Kochen von Broccoli und Paprika, wo eine mittlere Abnahme von fast 50 % stattfindet. Bei den Karotten beträgt die mittlere Abnahme durch das Kochen 35 % und bei den Kartoffeln 18 %. Bei den Kartoffeln und dem Broccoli findet bei allen anderen Garverfahren keine signifikante Veränderung statt. Bei den Karotten führt das Druckdämpfen zu einem mittleren Verlust von 17 %. Bei der Paprika führen außer der Mikrowelle alle Garverfahren zu signifikanten Mineralstoffverlusten. Die mittleren Verluste liegen beim Dünsten bei 21 %, beim Dämpfen bei 15 % und beim Druckdämpfen bei 17 %. Aufgrund der Schwankungsbreite sind die Unterschiede zwischen diesen Verfahren aber nicht signifikant.
In der Literatur ist für das Kochen von Kartoffeln ein Mineralstoffverlust von 18 % angegeben, der mit dem hier gefundenen Wert gut übereinstimmt [Bielig 1977]. Das Kochen von Karotten führt in einer Untersuchung zu einem Verlust von 28 % [Bognár 1986].

**Versuchsreihe B**

Bei beiden Gemüsen liefert das Kochen wieder den höchsten Mineralstoffverlust, mit durchschnittlich 42 % bei der Paprika und 46 % bei den Karotten. Daneben findet bei der Paprika nur noch beim Garen im CPC mit 100 % Feuchte ein signifikanter Mineralstoffverlust statt, der im Mittel bei etwa 10 % liegt. Bei den Karotten führt das Garen im CPC bei 100 % Feuchte zu einem Verlust von 35 % und das Garen mit reduzierter Feuchte zu 18 %.

**Versuchsreihe C**

TK-Broccoli

Beim TK-Broccoli tritt wie beim frischen Broccoli in Versuchsreihe A nur durch das Kochen ein signifikanter Mineralstoffverlust ein, der im Mittel bei 33 % liegt. Der Mineralstoffgehalt des ungegarten TK-Broccoli beträgt nur etwa die Hälfte von dem der rohen Frischware. Dies kann entweder durch unterschiedliche Gehalte in den jeweiligen Ausgangswaren zurückzuführen sein bzw. aus Mineralstoffverlusten beim Blanchiervorgang herrühren.

TK-Paprika

Bei der TK-Paprika treten durch alle Garverfahren Mineralstoffverluste ein. Beim Kochen liegen diese im Mittel bei 62 %, beim Dämpfen und Garen in der Mikrowelle bei 36 %. Die Mineralstoffgehalte der rohen Frischware und der ungegarten TK-Ware sind fast identisch, obwohl die TK-Paprika schon einem Blanchiervorgang unterzogen worden ist. Die Verluste beim Garen von TK-Paprika liegen jedoch höher, als bei der Frischware, was eventuell daher kommen kann, dass die TK-Paprika in kleinere Streifen geschnitten ist und somit eine größere Oberfläche im Verhältnis zur Masse aufweist, wodurch die wasserlöslichen Mineralstoffe leichter in die Garflüssigkeit übertreten können.

Insgesamt lässt sich sagen, dass das Kochen erwartungsgemäß die größten Mineralstoffverluste verursacht. Bei diesem Verfahren wird die größte Menge an Garflüssigkeit verwendet, so dass die Mineralstoffe aufgrund ihrer guten Wasserlöslichkeit leicht aus dem Gargut herausgelöst werden können. Am besten schneidet in der Versuchsreihe A und C die Mikrowelle ab, die bei den frischen Gemüsen zu keinen und bei den TK-Gemüsen nur bei der Paprika zu Mineralstoffverlusten führt. In der Versuchsreihe B ist das Garen im Combidämpfer mit reduzierter Feuchte die beste Wahl.

## *6.4 Gesamtbewertung der Garverfahren*

Um eine Empfehlung für ein oder mehrere Garverfahren auszusprechen, müssen die Ergebnisse der Sensorischen Bewertung und der Analyse der Inhaltsstoffe zusammengefasst werden.

Bei der Wahl der Garzeiten und Flüssigkeitszugaben wird als Ziel angestrebt, dass bei der sensorischen Bewertung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Garverfahren auftreten. Folgende Abweichungen sind jedoch nicht vermeidbar, weshalb diese Garverfahren bei den jeweiligen Gemüsen nicht angewendet werden sollten:

Das Kochen führt beim TK-Gemüse zu Abweichungen im Geschmack. Die Textur des TK-Broccoli wird beim Garen in der Mikrowelle negativ verändert. Beim Dünsten wird eine signifikant schlechtere Formerhaltung von frischem Broccoli beobachtet.

Als Vorteilhaft erweist sich hingegen das Dämpfen, das bei der sensorischen Beurteilung meistens mit Noten im Bereich von 5 bis 6 bewertet wird. Das Druckdämpfen schneidet vor allem beim Garen der Kartoffeln gut ab. Bei diesen ist der Einsatz des Dampfdruckgarers zur Zeiteinsparung auch sinnvoller als bei den drei anderen Gemüsen, bei denen die Garzeit schon fast zu kurz ist, um sie am Gerät korrekt einzustellen.

Zu den Großküchenverfahren in Versuchsreihe B ist zu sagen, dass hier nur deshalb keine signifikanten Unterschiede auftreten, weil im Vorfeld bereits Kartoffeln und Broccoli von der Untersuchung ausgeschlossen werden, da diese im Combidämpfer bei reduzierter Feuchte zu stark austrocknen.

Bei den Inhaltsstoffen zeigt sich, dass die Ascorbinsäure und die Mineralstoffe, welche hydrophil sind, vor allem durch das Kochen verloren gehen, während die wasserarmen Garverfahren geringere bzw. z. T. auch gar keine Verluste mit sich bringen. Im Bezug auf die Erhaltung der Ascorbinsäure ist vor allem hervorzuheben, dass das Dampfdruckgaren genauso gut bzw. beim Broccoli sogar besser abschneidet als die Verfahren unter Normaldruck und die landläufige Meinung, dass Garen unter Druck vitaminschädlich sei, somit widerlegt ist.

Bei der Erhaltung der Mineralstoffe schneidet in Versuchsreihe A und C die Mikrowelle und bei den Großküchenverfahren in Versuchsreihe B das Garen im Combidämpfer mit reduzierter Feuchte am besten ab.

Bei den lipophilen Verbindungen ζ-Tocopherol und all-trans-η-Carotin zeigt sich, dass beim frischen Broccoli alle Garverfahren zu einem Anstieg der Gehalte führen, während in der TK-Ware keine Veränderung bzw. eine Abnahme eintritt. Auch hier schneidet das Druckdämpfen nicht schlechter ab als die anderen Verfahren.

Bei den frischen und TK-Paprika tritt durch das Garen entweder keine Veränderung oder ein Verlust von ζ-Tocopherol ein. Beim TK-Paprika ist das Dämpfen das einzige Verfahren welches beim all-trans-η-Carotin keine signifikanten Verluste verursacht.

Auf den all-trans-η-Carotin-Gehalt der Karotten wirken die hier verwendeten Garverfahren keinen deutlichen Einfluss aus.

Frischer Broccoli sollte somit gegart verzehrt werden, um eine bessere Verfügbarkeit der lipophilen Vitamine zu erzielen. Um gleichzeitig die hydrophilen Inhaltsstoffe zu schonen, sollte ein wasserarmes Verfahren bevorzugt werden. Unter Einbeziehung der Sensorischen Bewertung ist hier das Dämpfen die erste Wahl. Dieses Verfahren ist auch beim TK-Broccoli vorzuziehen, da es neben der guten Erhaltung der hydrophilen Inhaltsstoffe auch das beste Ergebnis in der Sensorischen Bewertung erzielt.

Bei der frischen Paprika ist es durchaus empfehlenswert, diese als Rohkost statt in gegarter Form zu verzehren, da das Garen generell mit Verlusten bei mindestens einem Inhaltsstoff verbunden ist. Personen, die keine rohe Paprika vertragen, sollten zur Zubereitung ein wasserarmes Garverfahren wählen. TK-Paprika sollten gedämpft werden, um eine optimale Erhaltung der hydrophilen und lipophilen Inhaltsstoffe zu erreichen.

Keines der hier untersuchten Garverfahren scheint deutliche Vorteile bei der Erhaltung der Inhaltsstoffe bzw. auf die sensorischen Eigenschaften von Karotten zu haben. Im Hinblick auf die Freisetzung von all-trans-η-Carotin scheint das Kochen in beiden Versuchsreihen die anderen Verfahren zu übertreffen, allerdings werden bei diesem die höchsten Mineralstoffverluste verursacht.

Bei den Kartoffeln schneidet das Garen im Dampfdruckgarer bei der Sensorischen Bewertung signifikant am besten ab. Dieses Verfahren liefert außerdem bei der Kartoffel auch eine wirkliche Zeitersparnis.

Ein weiterer Vorteil, den der Dampfdrucklosgarer bzw. Dampfdruckgarer gegenüber dem hier untersuchten Dünsten und Kochen im Topf auf der Kochstelle haben, besteht darin, dass die Garzeit programmierbar ist und die Flüssigkeits- bzw. Dampfzugabe automatisch erfolgt. Dies ist eine deutliche Arbeitserleichterung und liefert außerdem besser reproduzierbare Garergebnisse. Dies trifft sicherlich auch zu, wenn diese beiden Verfahren mit dem Dämpfen im Dämpfeinsatz bzw. Dampfdrucktopf auf der Kochstelle verglichen werden würden.
Der Dampfdruckgarer bietet außerdem den Vorteil, dass er sich automatisch wieder auf Umgebungsdruck einstellt, während dies beim Dampfdrucktopf von Hand erfolgen muss.
Bei den Großküchenverfahren ist das Garen im Combidämpfer dem Kochen vorzuziehen, da hier die Ascorbinsäure und die Mineralstoffe besser geschont werden. Je nach Gemüse sollte im Hinblick auf die bessere Mineralstofferhaltung das Garen bei reduzierter Feuchte erfolgen.

## *6.5 Anmerkungen zur Untersuchung und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise*

Die niedrigen Ascorbinsäuregehalte der Rohwaren von Broccoli und Kartoffeln in Versuchsreihe A führen dazu, dass zwar ein Vergleich zwischen den unterschiedlich gegarten Proben stattfinden kann, jedoch ist es nicht möglich, eine Aussage über die Ascorbinsäureverluste der Garverfahren im Vergleich zur Rohware zu machen. Die genaue Ursache für dieses Phänomen ist auch in Zusammenarbeit mit dem Labor nicht zu finden [Reutter 2001a und b].
Eine denkbare Möglichkeit wäre, dass während der Lagerung des zerteilten rohen Broccoli und der Kartoffeln Umsetzungsreaktionen stattfinden, welche zum Abbau der Ascorbinsäure führen bzw. deren Bestimmung verhindern. Daher sollte für zukünftige Untersuchungen überlegt werden, ob der Schritt der TK-Lagerung von rohem Frischgemüse nicht ganz umgangen werden kann, in dem es nach dem Einkauf sofort auf seinen Ascorbinsäuregehalt untersucht wird, wie es auch in der Literatur häufig der Fall ist [Favell 1998; Kurilich 1999]. Dies kann aber nur erfolgen, wenn ein Analysenlabor in der Nähe des haushaltstechnischen Versuchlabors gewählt wird, was in der hier

vorliegenden Untersuchung nicht möglich ist, da die gewünschten Analysemethoden nur in einem weiter entfernten Labor vorhanden sind, welches speziell für diese Verfahren akkreditiert ist und sie routinemäßig durchführt.
Nachfragen innerhalb der Justus Liebig Universität haben ergeben, dass es nicht möglich ist, die entsprechenden Analysen vor Ort durchzuführen, da sich keine der Arbeitsgruppen mit den entsprechenden Methoden befasst.

Im Hinblick auf das Problem mit den niedrigen Ascorbinsäuregehalten im rohen Broccoli der Versuchsreihe A tritt außerdem die Frage auf, ob der geringe all-trans-η-Carotin-Gehalt in diesen Proben nicht auch nur aufgrund enzymatischer Aktivität der Lipoxygenase in der unblanchiert tiefgefrorenen Rohware hervorgerufen wird. Hierzu ist jedoch zu sagen, dass der rohe Broccoli maximal 4 Wochen tiefgefroren gelagert wird und diese Zeit nicht dazu ausreichen kann, einen solch hohen Verlust hervorzurufen.
Ein Vergleich an blanchiert und unblanchiert eingefrorenen grünen Bohnen hat gezeigt, dass im ersten Monat bei beiden Varianten eine Abnahme von etwa 30 % eintritt. Der η-Carotin-Gehalt der blanchierten Probe liegt dabei aber zu Beginn insgesamt höher als in der unblanchierten Probe, da der Blanchiervorgang einen Anstieg um 70 % verursacht [Oruña-Concha 1997]. Dies stützt wiederum die These, dass durch Wärmeeinwirkung η-Carotin freigesetzt werden kann.

Bei den hier durchgeführten η-Carotin und Vitamin E-Analysen werden die Proben mit KOH-Lösung verseift. Dies ist ein üblicher und notwendiger Schritt bei der Bestimmung der Carotinoid-Gehalte in pflanzlichen Lebensmitteln, um Chlorophylle, Lipide und andere Störsubstanzen zu entfernen sowie Carotinoidester zu hydrolisieren [Granado 2001].
Auch bei der Bestimmung von Vitamin E, bei der die Verseifung aus ähnlichen Gründen durchgeführt wird, ist sie ein üblicher Bestandteil der Analyse [Konings 1996; Eitenmiller 1999; Abushita 2000; Lee 2000].
Bei der Verseifung lässt sich zwischen der kalten Verseifung bei Raumtemperatur, die mehrere Stunden dauert und der heißen Verseifung bei Temperaturen zwischen 56 bis 100 °C und einer Dauer von unter einer

Stunde unterscheiden. Häufig findet die Verseifung zum Schutz vor Oxidation durch Sauerstoff unter Stickstoffatmosphäre statt [Kimura 1990; Chen 1992; DIN 12823-2 2000].

Es ist jedoch auch möglich, η-Carotin aus Pflanzenprodukten direkt zu extrahieren. Hierbei muss jedoch sichergestellt sein, dass garantiert keine Störsubstanzen die Analyse behindern [Schuep 1997; DIN 12823-2 2000].

Die direkte Extraktion hat den Vorteil, dass die mit der Verseifung teilweise einhergehende Zerstörung von Carotinoiden vermieden werden kann.

Kimura hat für synthetisches η-Carotin bei der heißen Verseifung Verluste zwischen 21- 56 % gefunden, verbunden mit einem Anstieg der cis-η-Carotine und Epoxide. Gleichzeitig hat jedoch die Untersuchung von natürlichem η-Carotin in Papaya ergeben, dass hierbei zwischen den Gehalten der unverseiften, kalt und heiß verseiften Proben keine signifikanten Unterschiede entstehen. Beide Versuche haben nicht unter Stickstoffatmosphäre stattgefunden [Kimura 1990].

Ebenso hat Chen keinen Unterschied zwischen der kalten und der heißen Verseifung bei der η-Carotin Bestimmung in Kohl gefunden [Chen 1992].

Bei weiteren Autoren sind ebenfalls keine Unterschiede im η-Carotin Gehalt zwischen verseiften und unverseiften Analyseproben aufgetreten [Khachik 1986; Rodriguez-Amaya 1988; Granado 1992, Riso 1997].

Insgesamt scheinen die Carotine auch weniger anfällig gegenüber der Verseifung zu sein als die Xantophylle, bei denen höhere Verluste auftreten [Khachik 1986; Kimura 1990; Chen 1992; Granado 1992].

Schuep jedoch gibt an, dass in einem Gemüsemix bei der heißen Verseifung, wie sie auch in der vorliegenden Arbeit verwendet wird, um bis zu 30 % niedrigere η-Carotin Gehalte im Vergleich zur direkten Extraktion aufgetreten sind [Schuep 1997].

Im Hinblick hierauf sollte für zukünftige Untersuchungen überprüft werden, ob eventuell im Rahmen der η-Carotin Bestimmung auf die Verseifung verzichtet werden kann, was aber z. B. gerade bei gegarten grünen Gemüsen aufgrund von Interferenzen mit Abbauprodukten des Chlorophylls zu fehlerhaften Messergebnissen zu führen scheint, was diese Vorgehensweise für den hier untersuchten Broccoli bereits ausschließt [van den Berg 2000]. Alternativ könnte auch eine kalte Verseifung bei Raumtemperatur in Betracht gezogen

werden, auch wenn die vorliegende Literatur keinen einstimmigen Hinweis darauf liefert, dass hiermit eindeutiger Vorteil verbunden ist.
Die Verfügbarkeit von Vitaminen hängt von verschiedenen Punkten ab. Gerade für das η-Carotin sind eine Reihe von Faktoren bekannt, welche seine Resorption und Biokonversion zu Vitamin A beeinflussen [Castenmiller 1998; Yeum 2003]. Im Rahmen dieser Untersuchung kann lediglich überprüft werden, inwiefern sich die Haushaltstechnik und hier im speziellen die Garverfahren und die damit einhergehenden Einflüsse wie Wärme, Licht, Wasser und Sauerstoff auf die Lebensmittelmatrix bzw. die darin enthaltenen Inhaltstoffe auswirken.

Um wissenschaftlich beurteilen zu können, ob es zwischen frischem und TK-Gemüse Unterschiede in der Erhaltung der Inhaltsstoffe beim Garen gibt, müssten in weiteren Untersuchungen beide aus der gleichen Ausgangsware stammen. Dies ist nur möglich, wenn weiterführende Untersuchungen in Kooperation mit einem Hersteller für TK-Gemüse stattfinden, der in der Lage ist, frische Rohware und TK-Ware aus der gleichen Ernte zu Verfügung zu stellen.
Dabei sollte dann auch in Betracht gezogen werden, die TK-Gemüse mit Großküchenmethoden zuzubereiten, da die Verwendung von Tiefkühlware auch in der Großküche ein wichtiges Thema ist [Dirschauer 2003].

Weiterhin wäre es interessant zu überprüfen, welche Möglichkeiten die Haushaltstechnik den Verbrauchern bietet, um frisches Gemüse möglichst vitaminschonend bzw. ohne sensorische Veränderungen zu lagern. Hierbei ließe sich z. B. der Nutzen verschiedener Klimazonen überprüfen, die in modernen Kühlgeräten vorhanden sind.

# 7 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wird untersucht, wie sich das traditionelle Kochen und Dünsten auf der Kochstelle sowie das Garen in modernen Dampfgargeräten und der Mikrowelle auf den Gehalt an Ascorbinsäure, ζ-Tocopherol, η-Carotin (all-trans und cis-Formen) und Mineralstoffen in verschiedenen frischen und tiefgekühlten Gemüsen auswirkt. Bei ζ-Tocopherol und η-Carotin wird weiterhin überprüft, ob die unterschiedliche Lokalisation und Bindung dieser Biomarker in den einzelnen Gemüsen einen Einfluss auf ihr Verhalten beim Garen hat [de Pee 1998; Vishnevetsky 1999]. Die Untersuchung ist in drei Versuchsreihen gegliedert. In Versuchsreihe A werden Frischgemüse (Broccoli, rote Paprika, Karotten und Kartoffeln) im Topf auf der Kochstelle gekocht und gedünstet sowie im Dampfgarer, im Dampfdruckgarer und in der Mikrowelle zubereitet. Versuchsreihe B überprüft, wie sich das Kochen und Garen im Combidämpfer bei 100 und 60 % Feuchte auf frische rote Paprika und Karotten auswirkt. Die Einflüsse des Kochens und des Garens im Dampfgarer und in der Mikrowelle auf TK-Broccoli und TK-Paprika werden in Versuchsreihe C untersucht.

Ziel ist es, bei allen Garverfahren den gleichen Garegrad bzw. in Hinblick auf die sensorische Qualität ein mindestens ausreichendes Garergebnis zu erzielen. Die Überprüfung erfolgt anhand der Bewertenden Prüfung mit Skale, mit deren Hilfe die Merkmale Farbe, Form, Geschmack und Textur benotet werden.

Für die Vitamin- und Mineralstoffuntersuchung werden die Gemüse gegart, in Tiefkühlbeuteln vakkuum verschweißt, bei –29 °C tiefgefroren und in dieser Form an ein akkreditiertes Labor für Lebensmittelanalytik verschickt bzw. eigenständig in Kooperation mit dem Staatlichen Untersuchungsamt Hessen (SUAH) untersucht. Die Untersuchung von Ascorbinsäure, ζ-Tocopherol und η-Carotin erfolgt per HPLC [VDLUFA 1993; IZ-LUFA-ITL 1999; DIN EN 12823-2 2000]. Die Bestimmung der Mineralstoffe erfolgt über den Rohaschegehalt [VDLUFA 1976].

Bei der sensorischen Bewertung zeigt sich, dass beim Garen der Frischgemüse und der TK-Paprika fast keine signifikanten Änderungen auftreten und nur beim TK-Broccoli deutliche Unterschiede zwischen den Garverfahren

existieren, die jeweils verfahrensbedingt sind. Insgesamt liegen die meisten Bewertungen im Bereich der hohen Qualität und einige im mittleren Qualitätsbereich.

In Hinblick auf die Erhaltung der hydrophilen Inhaltsstoffe (Ascorbinsäure und Mineralstoffe) zeigt sich, dass das Kochen die höchsten Verluste mit sich bringt, während die wasserarmen Verfahren wie das Dünsten, Dämpfen, Druckdämpfen und Garen in der Mikrowelle geringe bis gar keine Verluste verursachen.

Bei den lipophilen Verbindungen ζ-Tocopherol und η-Carotin zeigt sich, dass beim frischen Broccoli alle Garverfahren zu einem Anstieg der Gehalte führen, während in der TK-Ware keine Veränderung bzw. eine Abnahme eintritt.

Bei den frischen Paprika tritt durch das Garen entweder keine Veränderung oder ein Verlust ein. Beim TK-Paprika ist das Dämpfen das einzige Verfahren welches beim all-trans-η-Carotin keine signifikanten Verluste verursacht.

Auf den all-trans-η-Carotin-Gehalt der Karotten wirken die hier verwendeten keinen deutlichen Einfluss aus.

Frischer Broccoli sollte somit vor dem Verzehr gegart werden, um eine Freisetzung der lipophilen Vitamine zu erzielen. Um gleichzeitig die hydrophilen Inhaltstoffe zu schonen bzw. den Genusswert zu erhöhen sollte er möglichst gedämpft werden.

Frischer Paprika sollte entweder roh verzehrt oder, ebenso wie TK-Broccoli und TK-Paprika, mit einem wasserarmen Garverfahren zubereitet werden, wie z.B. dem Dämpfen, welches auch in der sensorischen Bewertung eine hohe Qualität aufweist.

Bei den Kartoffeln schneidet das Druckdämpfen bei der sensorischen Bewertung signifikant am besten ab.

Bei den Großküchenverfahren ist das Garen im Combidämpfer dem Kochen vorzuziehen, da hier Ascorbinsäure und Mineralstoffe besser geschont werden.

Zum besseren Vergleich zwischen frischem und TK-Gemüse sollten in zukünftigen Untersuchungen beide aus der gleichen Ausgangsware stammen. Weiterhin ist die Zubereitung von TK-Gemüsen mit Großküchenverfahren ein interessanter Untersuchungspunkt.

# 8 Literaturverzeichnis

[Abushita 2000] Abushita, A. A. et al.: Change in Carotenoids and Antioxidant Vitamins in Tomato as a Function of Varietal and Technological Factors. In: J. Agric. Food Chem. 48 (2000), S. 2075- 2081.

[Albanes 1996] Albanes, D. et al.: ζ-Tocopherol and η-Carotene supplements and lung cancer incidence in the ζ-Tocopherol, η-Carotene Cancer Prevention Study: Effects of base-line characteristics and study compliance. In: J. Natl. Cancer Inst. 88 (1996), S. 1560- 1570.

[AID 1998] Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e.V.: Kochen, Garziehen, Dämpfen, Dünsten. 3. überarbeitete Auflage, 1998.

[Amann 2000] Amann et al.: elemente chemie II. 1. Aufl. Stuttgart: Ernst Klett Verlag, 2000.

[Arango 1998] Arango, Y.; Heise, K. P.: Localization of ζ-tocopherol synthesis in chromoplast envelope membranes of Capsicum annuum l. fruits. In: J. Exp. Bot. 49 (1998), S. 1259- 1262.

[Baier 1986] Baier, E.: Garen von Kartoffeln im Dampfdrucktopf ; Beurteilung der Arbeitsergebnisse mit sensorischen und physikalischen Methoden. München, Techn. Univ. Diss., 1986.

[Bässler 1997] Bässler, K.-H et al.: Vitamin-Lexikon für Ärzte, Apotheker und Ernährungswissenschaftler. 2.Aufl.. Stuttgart; Jena; Lübeck; Ulm: G. Fischer; Frankfurt (Main): Govi-Verlag, 1997.

[Biesalski 1999] Biesalski, H. K.; Grimm, P.: Taschenatlas der Ernährung. -1. Aufl.- Stuttgart; New York: Thieme, 1999.

[Biesalski 2002] Biesalski, H. K.: Neuer η-Carotin-Grenzwert in der Diskussion. In: richtig essen- gesünder leben. Ernährungsinformation der CMA. Ausgabe 4/2002, S. 3-4.

[Bendich 1998] Bendich, A.; Machlin, L. J.: Safety oral intake of Vitamin E. In: Am. Clin. Nutr. 48 (1988), S. 612- 619.

[Belitz 2001] Belitz, H.-D.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 5. vollst. überarb. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Singapur; Tokio: Springer 2001.

[van den Berg 2000] van den Berg, H. et al.: The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. In: J. Sci. Food Agric. 80 (2000), S. 880- 912.

[Bielig 1977] Bielig et al.: Vergleichende Untersuchungen an Kartoffeln mittels unterschiedlicher Garverfahren. In: EU 24 (1977), S. 403- 408.

[Böhm 1999] Böhm, V.: Antioxidativ wirksame Carotenoide und Polyphenole: Analytik, Gehalte in Lebensmitteln und intestinale Absorption. Jena, Univ. Habil. –Schrift, 1999.

[Bognár 1986] Bognár, A.; Piekarski, J.: Einfluß der Gartemperatur auf die Garzeit und die Qualität von Lebensmitteln – Garen in Wasser und Wasserdampf. In: HuW 34 (1986), S. 301- 319.

[Bognár 1987] Bognár et al.: Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß von Mikrowellenblanchieren und konventionellem Blanchieren auf den Genuss- und Nährwert von Gemüse. In: Ernährungs-Umschau 34 (1987), S. 168- 176.

[Bognár 1988] Bognár, A.: Nährstoffverluste bei der haushaltsüblichen Zubereitung von Lebensmitteln. Herausgegeben vom Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID) e.V.; Sonderdruck 1988, Neubearbeitete und erweiterte Auflage der 1.Auflage AID-Verbraucherdienst 1984.

[Bognár 1989] Bognár, A,: Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur und Verpackung auf den Genuss- und Nährwert von frischem Gemüse und Obst bei der Lagerung im Kühlschrank. EU 36 (1989), S. 254- 263.

[Booth 1963a] Booth, V. H.: ζ-Tocopherol, its co-occurrence with chlorophyll in chloroplasts. In: Phytochem., Vol. 2 (1963), S. 421- 427.

[Booth 1963b] Booth, V. H. and Bradford, M.P.: The Effect of Cooking on ζ-Tocopherol in Vegetables. In: Int. J. Vit. Res. 33 (1963), S. 276- 277.

[Bracher-Schrödl 1997] Bracher-Schrödl, K.: Untersuchungen zur Repräsentanz beschreibend-bewertender sensorischer Prüfungen. Diss. FU Berlin, 1997.

[Bramley 2000] Bramley P. M. et. al.: Review Vitamin E In: J. Sci. Food Agric. 80 (2000), S. 913- 938.

[Britton 1995a] Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H. eds.: Carotenoids: Isolation and Analysis, Vol. 1A, Birkhäuser, Basel, 1995.

[Britton 1995b] Britton, G.: Structure and properties of carotenoids in relation to function. FASEB J. 9, (1995), 1551- 1558.

[Brubacher 1966] Brubacher, G.: Über den Vitamin E-Gehalt einiger Nahrungsmittel. In: Int. Zeitschr. Vitaminforschung 38 (1966), S. 409-415.

[Bryant 1992] Bryant et al.: Isolation and Partial Characterization of ζ- and η-Carotene-Containing Carotenoprotein from Carrot (Daucus carota L.) Root Chromoplasts. In: J. Agric. Food Chem. 40 (1992), S. 545-549.

[Bultereys 2003] Mitteilung per email durch Nick Bultereys, Quality Assurance Manager der Firma CROPS, Belgien, am 02.07.2003.

[Burton 1990] Burton, G. W.; Traber, M. G.: Vitamin E: Antioxidant Activity, Biokinetics, and Bioavailability. In: Ann. Rev. Nutr. 10 (1990), S. 357-382.

[Bushway 1982] Bushway, R. J.; Wilson, A. M.: Determination of ζ- and η-Carotene in Fruit and Vegetables by High Performance Liquid Chromatography. In: Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 15 (1982), S. 165- 169.

[Buskov 2000] Buskov, S. et al.: Determination of Ascorbigens in Autolysates of Various Brassica Species Using Supercritical Fluid Chromatography. In: J. Agric. Food Chem. 48 (2000), S. 2693-2701.

[Cano 1996] Cano, M. P.: Vegetabes. In: Jeremiah, L. E. (ed.) Freezing effects on food quality. New York: Marcel Dekker, 1996, S. 247-298.

[Castenmiller 1997] Castenmiller J. J. M; West, C. E.: Bioavailability of carotenoids. In: Pure & Appl. Chem. 69 (1997), S. 2145- 2150.

[Castenmiller 1998] Castenmiller, J. J. M.; West, C. E.: Bioavailability and Bioconversion of Carotenoids. In: Annu. Rev. Nutr. 18 (1998), S. 19-38.

[Castenmiller 1999] Castenmiller, J. J. M. et al.: The Food Matrix of Spinach Is a Limiting Factor in Determining the Bioavailability of η-Carotene

and to a Lesser Extent of Lutein in Humans. In: J. Nutr. 129 (1999), S. 349- 355.

[Cerbe 2002] Cerbe, G.; Hoffmann, H.J.: Einführung in die Thermodynamik: von den Grundlagen zur technischen Anwendung. 13. verb. Aufl., München, Wien: Hanser, 2002.

[Clevidence 2000] Clevidence, B.: Bioavailability of Carotenoids from Vegetables. In: HortScience 35 (2000), S. 585- 588.

[Chan 1998] Chan, A. C.: Vitamin E and Atherosklerosis. In: J. Nutr. 128 (1998), S. 1593- 1596.

[Chandler 1988] Chandler, L. A.: Isomerization and Losses of trans-η-Carotene in Sweet Potatoes as Affected by Processing Treatments. In: J. Agric. Food Chem. 36 (1988), S. 129- 133.

[Chen 1992] Chen B. H.: An improved analytical method for the determination of carotenes and xantophylls in dried plant materials and mixed feeds. In: Food Chem. 44 (1992), S. 61- 66.

[Chen 1993] Chen, B. H.; Chen, Y. Y.: Stability of Chlorophylls and Carotenoids in Sweet Potato Leaves during Microwave Cooking. J. Agric. Food Chem. 41 (1993), S. 1315- 1320.

[Chow 1985] Chow, C. K.: Vitamin E and Blood. In: Wld. Rev. Nutr. Diet. 45 (1985), S. 133- 166.

[Cube 1997] von Cube, H. L. (Hrsg.): Lehrbuch der Kältetechnik Band 1. 4. völlig überarb. Aufl., Heidelberg: Müller, 1997.

[Daood 1996] Daood, H. G. et al.: Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. In: Food Chem. 55 (1996), S. 365- 372.

[Davey 2000] Davey M. W. et al.: Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. In: J. Sci. Food Agric. 80 (2000), S. 825- 860.

[Deming 2002] Deming, D. M. et al.: The Relative Vitamin A Value of 9-cis η-Carotene is Less and That of 13-cis η-Carotene May be Greater than the Acceptet 50% That of all-trans η-Carotene in Gerbils. In: J. Nutr. 132 (2002), S. 2709- 2712

[Demmig-Adams 1996] Demmig-Adams, B. et al.: In vivo functions of carotenoids in higher plants. In: FASEB J. 10 (1996), S. 403-412.

[Dewanto 2002] Dewanto,V. et al.: Thermal Processing Enhances the Nutrtional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. In: J. Agric. Food Chem. 50 (2002), S. 3010- 3014.

[DGE 2000] Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1.Aufl. – Frankfurt am Main: Umschau/Braus, 2000.

[Dietz 1988] Dietz, J. M. et al.: Reversed phase HPLC analysis of ζ- and η-Carotene from selected raw and cooked vegetables. In: Plant Foods Hum. Nutr. 38 (1988), S. 333- 341.

[DIN 1301 1993] DIN 1301 Teil1: Einheiten; Einheitennamen, Einheitenzeichen. Ausgabe 1993-12, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1993.

[DIN 10950-1 1999] DIN 10950-1: Sensorische Prüfung Teil 1: Begriffe. Ausgabe 1999-04, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1999.

[DIN 10950-2 2000] DIN 10950-2: Sensorische Prüfung Teil 2: Allgemeine Grundlagen. Ausgabe 2000-10, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 2000.

[DIN 10952-1 1978] DIN 10952-1: Sensorische Prüfverfahren; Bewertende Prüfung mit Skale, Prüfverfahren. Ausgabe 1978-10, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1978.

[DIN 10952-2 1983] DIN 10952-2: Sensorische Prüfverfahren; Bewertende Prüfung mit Skale, Erstellen von Prüfskalen und Bewertungsschemata. Ausgabe 1983-09, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1983.

[DIN 10961 1996] DIN 10961: Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen. Ausgabe 1996-08, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1996.

[DIN 10962 1997] DIN 10962: Prüfbereiche für sensorische Prüfungen. Anforderungen an Prüfräume. Ausgabe 1997-10, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1997.

[DIN 10963 1997] DIN 10963: Rangordnungsprüfung. Ausgabe 1997-11, Deutsches Institut für Normung e.V.. Berlin: Beuth Verlag, 1997.

[DIN EN 12823-2 2000] DIN EN 12823-2: Bestimmung von Vitamin A mit Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie. Teil 2: Bestimmung von η-Carotin. Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin: Beuth Verlag, 2000.

[Dirschauer 2003] Dirschauer, C.: Tiefkühl-Convenience – frisch und fertig. In: GV-manager, Heft 1-2, 54 (2003), S. 34- 35.

[dti 1992] Deutsches Tiefkühlinstitut e. V.: Tiefkühlkost und Mikrowelle ... ideale Partner. 1. Auflage 1992.

[dti o. J.] Deutsches Tiefkühlinstitut e. V.: Presseinformation.

[Edwards 2002] ζ- and η-Carotene from a Commercial Carrot Puree Are More Bioavailable to Humans than from Boiled-Mashed Carrots, as Determined Using an Extrinsic Stable Isotope Reference Method. In: J. Nutr. 132 (2002), S. 159- 167.

[Eitenmiller 1999] Eitenmiller, R. R.; Landen, W. O.: Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences. Boca Raton; London; New York; Washington: CRC Press, 1999.

[von Elbe 1996] von Elbe, J. H.; Schwartz, S. J.: Colorants. In: Fennema, O. R.: Food Chemistry, 3rd ed.- New York: Marcel Dekker 1996.

[Elmadfa 2000] Elmadfa, I.; Fritzsche, D.: Die große GU Vitamin und Mineralstoff Tabelle. Gräfe und Unzer Verlag GmbH, Aktualisierte Neuauflage 2000.

[Erdmann 1988] Erdmann, J. W. et al.: Factors Affecting the Bioavailability of Vitamin A, Carotenoids, and Vitamin E. Food Technol. 42 (1988), S. 214- 221.

[Erdmann 1993] Erdmann, J. W. et al.: Absorption and Transport of Carotenoids. In: Ann. N.Y. Ac. Sci. 691 (1993), 76-85.

[Ernährungsbericht 1996] Ernährungsbericht 1996. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), 1996.

[Ernährungsbericht 2000] Ernährungsbericht 2000. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), 2000.

[Esterbauer 1993] Esterbauer, H.; et. al.: Vitamin E and Artherosclerosis- An Overview. In: Makoto, M.; et. al. (ed.): Vitamin E. Its Usefulness in

Health and in Curing Diseases. Japan Scientific Societies Press, Tokyo and S. Karger AG, Basel, 1993, S. 233- 241.

[Esterbauer 1997] Esterbauer, H. und Hayn, M.: Vitamin E. In: Biesalski; H. K. (Hrsg.): Vitamine: Physiologie, Pathophysiologie, Therapie... Stuttgart; New York: Thieme, 1997, S. 41- 58.

[Favell 1998] Favell, D. J. : A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. Food Chem. 62 (1998), S. 59- 64.

[Fliedner 1993] Fliedner, I.; Wilhelmi, F.: Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. 2. überarb. und erw. Aufl., Hamburg: Behr´s, 1993.

[Frank 1994] Frank, A.: Konstruktive Einflüsse auf das wasserarme Garen. Diplomarbeit am Fachbereich Ernährungs- und Haushaltstechnik, Fachhochschule Rheinland Pfalz, Abteilung Trier, 1994.

[Franke 1997] Franke, W.: Nutzpflanzenkunde. -6. neubearb. Aufl.- Stuttgart; New York: Thieme 1997.

[Fricker 1984] Fricker, A.: Lebensmittel- mit allen Sinnen prüfen!: Qualität, Aromastoffe, Geschmack, Sensorik. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer 1984.

[Friedrich 1987] Friedrich, W.: Handbuch der Vitamine. München; Wien; Baltimore: Urban und Schwarzenberg, 1987.

[Fukuzawa 1985] Fukuzawa, K. et al.: The Effect of Concentration on the Antioxidant Effectiveness of a-Tocopherol in Lipid Peroxidation Induced by Superoxide Free Radicals. In: Arch. Biochem. Biophys. 240 (1985), S.366- 377.

[Gaßmann 1997] Gaßmann, B.: Vitamin E. In: EU 44 (1997), S. 63- 66.

[Gaßmann 1998] Gaßmann, B.: Vitamin C. In: EU 45 (1998), S. 294- 297.

[Gartner 1997] Gartner, C.; Stahl, W.; Sies, H.: Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. In: Am. J. Clin. Nutr. 66 (1997), S.116- 122.

[Gould 1989] Gould, M. F.; Golledge, D.: Ascorbic Acid Levels in Conventionally Cooked Versus Microwave Oven Cooked Frozen Vegetables. In: Food Sci. Nutr. 42F (1989), S. 145- 152.

[Granado 1992] Granado, F. et al.: Carotenoid Composition in Raw and Cooked Spanish Vegetables. In: J. Agric. Food Chem. 40 (1992), S. 2135-2140.

[Granado 2001] Granado, F. et al.: A Fast, Reliable and Low-cost Saponification Protocol for Analysis of Carotenoids in Vegetables. In: J. Food Compos. Anal. 14 (2001), S. 479-489.

[Greiner 2001] Greiner, M.: Persönliche Mitteilung durch Dr. Michael Greiner, Mitarbeiter der Firma Rational am 22.05.2001.

[Greve 1994a] Greve, L. C. et a.l: Impact of Heating on Carrot Firmness: Contribution of Cellular Turgor. In: J. Agric. Food Chem. 42 (1994), S. 2896- 2899.

[Greve 1994b] Greve, L. C. et al.: Impact of Heating on Carrot Firmness: Changes in Cell Wall Components. In: J. Agric. Food Chem. 42 (1994), S. 2900- 2906.

[Grüner 2000] Grüner, H.; Metz, R.: Der junge Koch. Die junge Köchin. 29. Auflage, Haan-Gruiten: Fachbuchverlag Pfanneberg GmbH & Co., 2000.

[Guha 1938] Guha, B. C.; Sen-Gupta, P. N.: Ascorbigen in Plant and Animal Tissues. In: Nature 141 (1938), S. 974.

[Haard 1996] Haard, N. F.; Chism, G. W.: Charakteristics of Edible Plant Tissues. In: Fennema, O. R.: Food Chemistry, 3rd ed.- New York: Marcel Dekker 1996.

[Halpin 1987] Halpin, B. E.; Lee, C. E.: Effect of Blanching on Enzyme Activity and Quality Changes in Green Peas. J. Food Sci. 52 (1987), S. 1002- 1005.

[Hart 1995] Hart, D. et al.: Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the carotenoid content of vegetables and fruit commonly consumed in the UK. In: Food Chem. 54 (1995), S. 101- 111.

[HEA 1999] HEA –Bilderdienst: 6.3. Mikrowellen. 5. Aufl. 1999, Frankfurt: VWEW.

[Hedrén 2002] Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by an in vitro digestion method. In: Eur. J. Clin. Nutr. 56 (2002), S. 425- 430.

[Heinonen 1989] Heinonen, M. et al.: Carotenoids in Finnish Foods: Vegetables, Fruits, and Berries. In: J. Agric. Food Chem. 37 (1989), S. 655-659.

[Heiss 1994] Heiss, R.; Eichner, K.: Haltbarmachen von Lebensmitteln: chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Verfahren. 3. Auflage. Berlin; Heidelberg: Springer 1994.

[Hering 1992] Hering, E.; Martin, R.; Stohrer, M.: Physik für Ingenieure. 4. verb. Aufl., Düsseldorf: VDI-Verlag, 1992.

[Herrmann 1992a] Herrmann, K.: Vorkommen, Gehalte und Bedeutung von Inhaltsstoffen des Obstes und Gemüses. V. Aromastoffe von Tomaten, Gurkengewächsen, Sellerie und Möhren. In: Industr. Obst- u. Gemüseverwert. 77 (1992), S. 130- 133.

[Herrmann 1992b] Herrmann, K.: Vorkommen, Gehalte und Bedeutung von Inhaltsstoffen des Obstes und Gemüses. VI. Schwefelhaltige Aromastoffe der Kohlarten, Zwiebelgewächse und des Spargels. In: Industr. Obst- u. Gemüseverwert. 77 (1992), S. 42- 47.

[Herrmann 1992c] Herrmann, K.: Vorkommen, Gehalte und Bedeutung von Inhaltsstoffen des Obstes und Gemüses. VIII. Carotinoide der Möhren, der Tomaten und des Gemüsepaprikas. In: Industr. Obst- u. Gemüseverwert. 77 (1992), S. 250- 255.

[Herrmann 1994] Herrmann, K.: Inhaltsstoffe der Kohlarten. Teil I: Allgemeine chemische Zusammensetzung einschließlich der Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine. In: Industr. Obst- u. Gemüseverwert. 79 (1994), S. 244- 252.

[Herrmann 1996] Herrmann, K.: Gemüse und Gemüseerzeugnisse. In: Timm, F.; Herrmann, K.: Tiefgefrorene Lebensmittel. 2. Aufl., Berlin: Blackwell Wiss. Verlag, 1996.

[Hötzel 1992] Hötzel, D.; Zimmermann, A.: Qualitätsvergleich zwischen frischen und tiefgekühlten Lebensmitteln. In: EU 39 (1992), S. 95- 101.

[van het Hof 1999] van het Hof, K. H. et al.: Bioavailabilty of lutein from vegetables is 5 times higher than that of beta-carotene. Am. J. Clin. Nutr. 70 (1999), S. 261- 268

[van het Hof 2000] van het Hof, K. H.: Carotenoid Bioavailability in Humans from Tomatoes Processed in Different Ways Determined from the Ca-

rotenoid Response in the Triglyceride-Rich Lipoprotein Fraction of Plasma after a Single Consumption and in Plasma after Four Days of Consumption. In: J. Nutr. 130 (2000), S. 1189- 1196.

[Howard 1999] Howard, L. A. et al.: η-Carotene and Ascorbic Acid Retention in Fresh and Processed Vegetables. In: Journal of Food Science 64 (1999), S. 929-936.

[Hrnļ iŚk 1998] Hrnļ iŚk, K. et al.: A study on the formation and stability of ascorbigen in an aqueous system. In: Food Chem. 63 (1998), S. 349-355.

[Hrnļ iŚk 2001] Hrnļ iŚk, K. et al.: Investigation of ascorbigen as a breakdown product of glucobrassicin autolysis in Brassica vegetables. In: Eur. Food Res. Technol. 212 (2001), S. 576- 581.

[Hudson 1985] Hudson, D. E. et al.: Retention of Vitamins in Fresh and Frozen Broccoli Prepared by Different Cooking Methods. J. Food Quality 8 (1985), S. 45- 50.

[Hussein 1990] Hussein, L.; El-Tohamy, M.: Vitamin A Potency of Carrot and Spinach Carotenes in Human Metabolic Studies. In: Internat. J. Vit. Nutr. Res. 60 (1990), S. 229- 235.

[Imperial 1998] Imperial: Gesund Genießen á la Imperial – mit dem Dampfgarer. Leitfaden und Rezept-Ideen. Bünde: 1998.

[Imperial 2000] Imperial: Genießen und dabei Fit bleiben – mit dem Dampf-Druckgarer von Imperial. Leitfaden und Rezept-Ideen. Bünde: 2000.

[Isler 1982] Isler, O.; Brubacher, G.: Vitamine I. Fettlösliche Vitamine. Stuttgart; New York: Thieme, 1982.

[IZ-LUFA-ITL 1999] IZ-LUFA-ITL: Bestimmung von Vitamin C (Ascorbinsäure), 1999-05.

[Jayarajan 1980] Jayarajan, P. et al.:Effect of dietary fat on absorption of η-carotene from green leavy vegetables. In: Indian. J. Med. Res. 71 (1980), S. 53-56.

[Kesel 1999] Kesel, A. B. et al.: Einführung in die angewandte Statistik für Biowissenschaftler. Basel, Bosten, Berlin: Birkhäuser 1999.

[Kessler 1996] Kessler, H. G.: Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, Molkereitechnologie. 4. überarb. und erw. Aufl., München: Kessler, 1996.

[Khachik 1986] Khachik, F. et al.: 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 (1986), S. 603- 616.

[Khachik 1992] Khachik, F. et al.: Effect of Food Preparation on Qualitative and Quantitative Distribution of Major Carotenoid Constituents of Tomatoes and Several Green Vegetables. In: J. Agric. Food Chem. 40 (1992), S. 390- 398.

[Kidmose 1999] Kidmose, U.: Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. In: J. Sci. Food Agric. 79 (1999), S. 1747- 1753.

[Kimura 1990] Kimura, M. et al.: Assessment of Saponification Step in the Quantitative Determination of Carotenoids and Provitamin A. In: Food Chem 35 (1990), S. 187- 195.

[Klatte-Siedler 1981] Klatte-Siedler, K.; Rumm-Kreuter, D.: Methode zur Beurteilung von Gargeräten über den Genusswert der behandelten Speisen. In.: HuW 29 (1981), S.S.321- 332.

[Knekt 1991] Knekt, P. et. al.: Vitamin E and cancer prevention. In: Am. J. Clin. Nutr. 53 (1991), S. 283- 286.

[Knekt 1993] Knekt, P.: Vitamin E and Cancer Prevention, Human Evidence. In: Makoto, M. et. al. (ed.): Vitamin E. Its Usefulness in Health and in Curing Diseases. Japan Scientific Societies Press, Tokyo and S. Karger AG, Basel, 1993, S. 345- 353.

[Köhler 1995] Köhler, W. et al.: Biostatistik: Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler. 2. Aufl., Berlin: Springer, 1995.

[Konings 1996] Konings, E. J. M. et al.: Liquid Chromatographic Determinations of Tocopherols and Tocotrienols in Margarine, Infant Foods, and Vegetables. In: J. AOAC Int. 79 (1996), S. 902- 906.

[Krehl 1950] Krehl, W. A.; Winters, R. W.: Effect of cooking methods on retention of vitamins and minerals in vegetables. In: J. Am. Diet. Assoc. 26 (1950), S. 966- 972.

[Kunzek 1999] Kunzek, H. et al.: Aspects of material science in food processing: changes in plant cell walls of fruits and vegetables. In: Z. Lebensm. Unters. Forsch. A 208 (1999), S. 233- 250.

[Kurilich 1999] Kurilich, A. C. et al.: Carotene, Tocopherol, and Ascorbate Contents in Subspecies of Brassica oleracea. In: J. Agric. Food Chem. 47 (1999), S. 1576-1581.

[Lawless 1998] Lawless, H. T.: Sensory evaluation of food: principles and practices. New York: Chapman & Hall, 1998.

[Lee 2000] Lee, J. et al.: Optimization of an Extraction Procedure for the Quantification of Vitamin E in Tomato and Broccoli using Response Surface Methodology. In: J. Food Compos. Anal. 13 (2001), S. 45- 57.

[Lehmann 1986] Lehmann, J. et al.: Vitamin E in foods from high and low linoleic acid diets. In: J. Am. Diet. Assoc. 86 (1986), S. 1208- 1216.

[Lehnard 1979] Lehnard, A.: Anteil der L-Dehydroascorbinsäure am Gesamt-Vitamin-C-Gehalt pflanzlicher Produkte. In: Z. Lebensm. Unters. Forsch. 169 (1979), S. 82- 87.

[Lessin 1997] Lessin, W. J. et al.: Quantification of cis-trans-Isomers of Provitamin A Carotenoids in Fresh and Processed Fruits and Vegetables. In: J. Agric. Food Chem. 45 (1997), S. 3728- 3732.

[Levine 1999] Levine, M. et al.: Criteria and Recommendations for Vitamin C Intake. In: JAMA 281 (1999), S. 1415- 1423.

[Lichtenthaler 1969] Lichtenthaler, H. K.: Zur Synthese der lipophilen Plastidenchinone und Sekundärcarotinoide während der Chromoplastenentwicklung. In: Ber. Dtsch. Bot. Ges. 82 (1969), S. 483- 497.

[Lo 2002] Lo, C. M. et al.: Blanching Effects on the Chemical Composition and the Cellular Distribution of Pectins in Carrots. In: J. Food Sci. 67 (2002), S. 3321- 3328.

[Loh 2002]: Loh, S.; Schlich, E.: Freisetzung lipophiler Biomarker - η-Carotin als all-trans und cis-Isomere sowie ζ-Tocopherol – nach verschiedenen Garverfahren an unterschiedlichen Rohwaren. In: Erfolgsfaktor Qualität: Dokumentation der Jahrestagung 2002 des Fachausschusses Haushaltstechnik – Berichte aus Forschung und Praxis; Bd. 10, Aachen: Shaker 2002, S. 89- 93.

[Loh 2003a] Loh, S.; Schlich, E.: Einfluss verschiedener Garverfahren auf die cis-/all-trans-Ratio von η-Carotin in Gemüse. In: Proc. Germ. Nutr. Soc., Vol. 5 (2003), S. 69.

[Loh 2003b] Loh, S.: Zubereitungsart beeinflusst Nährstoffgehalt in Gemüse. In: "richtig essen-gesünder leben", Ernährungsinformation der cma 01/2003, S. 11-12.

[Machlin 1991] Machlin, L. J.: Vitamin E. In: Machlin, L. J. (ed.): Handbook of Vitamins. New York: Marcel Dekker, 1991, S. 99- 144.

[Mangels 1993] Mangels, A. R. et al.: The bioavailability to humans of ascorbic acid from oranges, orange juice and cooked broccoli is similar to that of synthetic ascorbic acid. J. Nutr. 123 (1993), S. 1054-1061.

[Masrizal 1997] Masrizal, M. A.: Retention of Vitamin C, Iron, and η-Carotene in Vegetables Prepared Using Different Cooking Methods. J. Food Quality 20 (1997), S. 403- 418.

[Matissek 1992] Matissek, R. et al.: Lebensmittelanalytik : Grundzüge, Methode, Anwendungen. 2. korr. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 1992.

[McCay 1985] McCay, P. B.: Vitamin E: Interactions with free radicals and ascorbate. In: Ann. Rev. Nutr. 5 (1985), S. 323- 340.

[McHenry 1935] McHenry, E. W.; Graham, M. L.: Estimation of Ascorbic Acid by Titration. In: Nature 135 (1935), S. 871- 872.

[Micozzi 1992] Micozzi, M. S. et al.: Plasma carotenoid response to chronic intake of selected foods and η-carotene supplements to men. In: Am. J. Clin. Nutr. 55 (1992), S. 1120- 1225.

[Miele 1999] Rezepte für die Mikrowelle. Miele 1999.

[Miller 1996] Miller, D.: Minerals. In: Fennema, O. R.: Food Chemistry, 3rd ed.- New York: Marcel Dekker 1996.

[Murcia 1992] Murcia, M. A. et al.: Determination by HPLC of Changes in Tocopherol Levels in Spinach after Industrial Processing. In. J. Sci. Food Agric. 60 (1992), S. 81- 84.

[Murcia 2000] Murcia, M. A. et al.: Evolution of ascorbic acid and peroxidase during industrial processing of broccoli. In: J. Sci. Food. Agric. 80 (online: 2000), S. 1882- 1886.

[Naumann 1993] Naumann, G.: Garen in Dampf und Heißluft in der Großküche. In.: HuW 41 (1993), S.101- 105.

[Ncube 2001] Ncube, T. N. et al.: Supplementing Lactating Women with Puréed Papaya and Grated Carrots Improved Vitamin A Status in a Placebo-Controlled Trial. In: J. Nutr. 131 (2001), S. 1497- 1502.

[Ng 1997] Ng, A.; Waldron, K. W.: Effect of Cooking and Pre-Cooking on Cell-Wall Chemistry in Relation to Firmness of Carrot Tissues. In: J. Sci. Food Agric. 73 (1997), S. 503- 512.

[Niki 1982] Niki, E. et al.: Regeneration of vitamin E from ζ-chromanoxyl radical by glutathione and vitamin C. Chem. Lett. (1982), S. 789- 792.

[Nultsch 1991] Nultsch, W.: Allgemeine Botanik. 9. ,neubearb. Aufl.- Stuttgart; New York: Thieme 1991.

[Nusselt 1916] Nusselt, W.: Die Oberflächenkondensation des Wasserdampfes. In: Z. VDI Bd. 60 (1916), S. 541- 546 und 569- 575.

[Nyberg 2003] Nyberg et al.: Dietary fruit and vegetables protect against somatic mutation in vivo, but low or high intake of carotenoids does not. In: Carcinogenesis 24 (2003), S. 689- 696.

[Oruña-Concha 1997] Oruña-Concha, M. J. et al.: Effects of freezing on the pigment content in green beans and padrón peppers. Z. Lebensm. Unters. Forsch. A 205 (1997), S. 148- 152.

[Oser 1943] Oser, B. I. et al. : Influence of cooking procedure upon retention of vitamins and minerals in vegetables. In: Fd. Res. 8 (1943), S. 115-122.

[Paolini 2003] Paolini, M. et al.: η-Carotene: a cancer chemopreventive agent or a co-carcinogen. In: Mutat. Res. 543 (2003), S. 195-200.

[Parker 1989] Parker, R. S.: Dietary and Biochemical Aspects of Vitamin E. In: Advances in Food and Nutrition Research, Vol.33 (1989), S.157-232.

[de Pee 1995] de Pee, S. et al. : Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leavy vegetables. In: Lancet 346 (1995), S. 75- 81.

[de Pee 1998] de Pee, S. et al. :Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and η-carotene in schoolchildren in Indonesia. In: Am. J. Clin. Nutr. 68 (1998), S. 1058- 1067.

[Pelz 1998] Pelz, R. et al. : Die Carotinoidzufuhr in der Nationalen Verzehrsstudie. In: Z. Ernährungswiss. 37 (1998), S. 319- 327.

[Petersen 1993] Petersen, M. A.: Influence of sous vide processing, steaming and boiling on vitamin retention and sensory quality in broccoli florets. In: Z. Lebensm. Unters. Forsch. 197 (1993), S. 375- 380.

[Pichert 1981] Pichert, H.; Baier, E.: Verfahrenstechnische Grundlagen zur Wärmebehandlung von Lebensmitteln im Dampfdrucktopf. In: HuW 29 (1981), S.80- 88.

[Pichert 1995] Pichert, H.: Grundlagen der Haushalttechnik. 2. Aufl., Stuttgart: Ulmer, 1995.

[Pirronen 1986] Pirronen, V. et al.: Tocopherol and Tocotrienols in Finnish Foods: Vegetables, Fruits, and Berries. In: J. Agric. Food Chem. 34 (1986), S. 742- 746.

[Poor 1993] Poor, C. L. et al.: The Accumulation of ζ- and η-Carotene in Serum and Tissues of Preruminant Calves Fed Raw and Steamed Carrot Slurries. In: J. Nutr. 123 (1993) S. 1296- 1304.

[Quackenbush 1987] Quackenbush, F. W.: Reverse Phase HPLC Separation of cis- and trans-Carotenoids and its Application to η-Carotenes in Food Materials. In: J. Liq. Chromatogr. 10 (1987), S. 643- 653.

[Rational o.J.] Rational: Handbuch ClimaPlus Combi® Elektro und Gas.

[Rautenkranz 1994] Rautenkranz, A.: Transport of Ascorbic and Dehydroascorbic Acids across Protoplast and Vacuole Membranes Isolated from Barley Leaves. In: Plant. Physiol. 106 (1994). S. 187- 193.

[Reutter 2001a] Reutter, M.: Mitteilung per email von Dr. M. Reutter, ITL-Lufa, Kiel am 09.10.01.

[Reutter 2001b] Reutter, M.: Persönliche Mitteilung von Dr. M. Reutter, ITL-Lufa, Kiel am 05.11.01.

[Reutter 2003a] Reutter, M.: Persönliche Mitteilung von Dr. M. Reutter, ITL-Lufa, Kiel am 27.03.03.

[Reutter 2003b] Reutter, M.: Persönliche Mitteilung von Dr. M. Reutter, ITL-Lufa, Kiel am 26.08.03.

[Riso 1997] Riso, P. und Porrini, M.: Determination of Carotenoids in Vegetable Foods and Plasma. In: Internat. J. Vit. Nutr. Res. 67 (1997), S. 47- 54.

[Rock 1992] Rock, C. L.; Swendseid, M. E.: Plasma η-carotene response in humans after meals supplemented with dietary pectin. In: Am. J. Clin. Nutr. 55 (1992), S. 96- 99.

[Rock 1998] Rock, C. L.; et al.: Bioavailability of η-Carotene Is Lower in Raw than in Processed Carrots and Spinach in Women. In: J.Nutr. 128 (1998), S. 913- 916.

[Rodriguez-Amaya 1988] Rodriguez-Amaya, D. B. et al.: Assessment of Provitamin A Determination by Open Column Chromatography/Visible Absorption Spectrophotometry. J. Chromatogr. Sci. 26 (1988), S. 624-629.

[Rodriguez-Amaya 1997] Rodriguez-Amaya, D. B.: Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Food. USAID. OMNI Project, 1997.

[Römpp 1995] Römpp Lexikon Lebensmittelchemie. Stuttgart; New York: Thieme, 1995.

[Rumm-Kreuter 1982] Modell zur Beurteilung von Großküchengeräten. Dissertation Uni Giessen : Giessen 1982.

[Sachs 1984] Sachs, L.: Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. 5. Aufl., Berlin; Heidelberg: Springer, 1984.

[Schlich 1994] Schlich, E. et al.: dgh-Lehrerbrief Haushalt und Energie – Vertiefungsmodul Nahrungszubereitung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 1994.

[Schlich 2001] Schlich, E. et al.: Cooking Parameters and Vitamins. In: HuW 3 (2001), S.128- 132.

[Schlich 2002] Schlich, E.: Folien zur Vorlesung: Prozesstechnik in Dienstleistungs- und Lebensmittelbetrieben. Professur für Haushaltstechnik, Justus-Liebig-Universität Giessen, 2002.

[Smirnoff 1996] Smirnoff, N.: The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants. In: Annals of Botany 78 (1996), S. 661- 669.

[Schnepf 1994] Schnepf, M.; Driskell, J.: Sensory Attributes and Nutrient Retention in Selected Vegetables Prepared by Conventional and Microwave Methods. In: J. Food Quality 17 (1994), S. 87- 99.

[Schonhof 1996] Schonhof, I.; Krumbein, A.: Gehalt an wertgebenden Inhaltstoffen verschiedener Broccolitypen. In: Gartenbauwissenschaft 61 (1996), S. 281- 288.

[Schuep 1997] Schuep, W.; Schierle, J.: Determination of η-Carotene in Commercial Foods: Interlaborary Study. In: J. AOAC Int. 80 (1997), S. 1057- 1064.

[Schwedt 1999] Schwedt, G.: Taschenatlas der Lebensmittelchemie. Stuttgart; New York: Thieme, 1999.

[Siegel 1976] Siegel, S.: Nichtparametrische statistische Methoden. Fachbuchhandlung für Psychologie. Frankfurt (Main), 1976.

[Souci 1994] Souci, S. W.; Fachmann, W.; Kraut, H. : Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwerttabellen. 5. revidierte und ergänzte Auflage. Stuttgart: Medpharm Scientific Publ.; Boca Raton; Ann Arbor; London, Tokyo: CRC Press, 1994.

[Spieß 1984] Spieß, W. E. L.: Veränderungen von Inhaltstoffen während der Herstellung und der Lagerung von tiefgefrorenen Lebensmitteln- eine Literaturübersicht. In: ZFL 8/84 (1984), S. 625- 635.

[Stahl 2002] Stahl, W.: Carotinoide. In: Biesalski, K.; Köhrle, J.; Schümann, K.: Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe. Prävention und Therapie mit Mikronährstoffen. –Stuttgart: Thieme, 2002.

[Sungpuag 1999] Sungpuag, P.: Retinol and η-carotene content of indegenious raw and home-prepared foods in Northeast Thailand. Food Chem. 64 (1999), S. 163- 167.

[Sweeney 1970] Sweeney, J. P.; Marsh, A. C.: Separation of Carotene Stereoisomers in Vegetables. In: Journal of the AOAC Vol.53, No. 5 (1970), S. 937- 940.

[Takyi 1999] Takyi, E. E. K.: Children´s Consumption of Dark Green Leavy Vegetables with Added Fat Enhances Serum Retinol. In: J. Nutr. 129 (1999), S. 1549- 1554.

[Ternes 1996] Ternes, W.: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Hamburg: Behr`s, 1996.

[Teubner 2001] Teubner, C.: Food. Die ganze Welt der Lebensmittel. 2001 Teubner Edition.

[Theiß 1984] Theiß H. et al.: Einfluss verschiedener Auftaumethoden auf die Vitaminkonzentration tiefgefrorener Lebensmittel. In: HuW 32 (1984), S. 225- 229.

[Thomas 1949] Thomas, M. H. et al.: Effect of electronic cooking on nutritive value of foods. In: J. Am. Diet. Assoc. 25 (1949), S. 39- 45.

[Tilgner 1974] Tilgner, D. J.: Die Technologie der Garverfahren. Sponholz Verlag, Frankfurt (Main), 1974.

[Timm 1996] Timm, F.: Grundlagen und Auswirkungen des Tiefgefrierens. In: Timm, F.; Herrmann, K.: Tiefgefrorene Lebensmittel. 2. Aufl., Berlin: Blackwell Wiss. Verlag, 1996.

[Törrönen 1996] Törrönen, R. et al.: Serum η-Carotene Response to Supplementation with raw Carrots, Carrot Juice or Purified η-Carotene in Healthy Non-Smoking Women. In: Nutr. Res. 16 (1996), S. 565-575.

[Vanderslice 1991] Vanderslice, J. T.: Vitamin C content of foods: sample variability. In: Am. J. Clin. Nutr. 54 (1991), S. 1323S- 7S.

[VDI 1991] VDI –Verein Deutscher Ingenieure-: VDI-Wärmeatlas: Berechnungsblätter für den Wärmeübergang. 6. erw. Aufl., Düsseldorf: VDI-Verlag, 1991.

[VDLUFA 1976] VDLUFA: VDLUFA Methodenbuch Band III, 8.1 Bestimmung von Rohasche. Darmstadt: VDLUFA Verlag, 1976.

[VDLUFA 1993] VDLUFA: VDLUFA Methodenbuch Band III, 13.5.4 Bestimmung von Vitamin E. Darmstadt: VDLUFA Verlag, 1993.

[Vishnevetsky 1999] Vishnevetsky, M. et al.: Carotenoid sequestration in plants: the role of carotenoid-associated proteins. Trends Plant Sci 4 (1999), S. 232- 235

[Wagner 1981] Wagner, W.: Wärmeübertragung: Grundlagen. 1. Aufl., Würzburg: Vogel, 1981.

[Weber 2002] Weber, P.: Vitamin C. In: Biesalski, K.; Köhrle, J.; Schümann, K.: Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe. Prävention und Therapie mit Mikronährstoffen. –Stuttgart: Thieme, 2002.

[Wegner 2000] Wegner, G.: Elektrische Haushaltsgeräte: Technik und Service. München: Hüthig & Pflaum-Verlag, 2000.

[Williams 1986] Williams, D. C. et al.: Blanching of Vegetables for Freezing-Which Indicator Enzyme to Choose. In: Food Technol. (1986), S. 131-140.

[Wimalasiri 1983] Wimalasiri, P.: Simultaneous analysis of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in fruit and vegetables by high-performance liquid chromatography. In: J. Chromatogr. 256 (1983), S. 368- 371.

[Wu 1992] Wu, Y. et al.: Vitamin C and η-Carotene in fresh and frozen green beans and broccoli in a simulated system. J. Food Quality 15 (1992), S. 87- 96.

[Yeum 2002] Yeum, K.-J.; Russel, R. M.: Carotenoid Bioavailability and Bioconversion. In: Annu. Rev. Nutr. 22 (2002), S. 483- 504.

[You 1996] You, C. S.: Evidence of cis-trans-isomerization of 9-cis-beta-carotene during absorption in humans. In: Am. J. Clin. Nutr. 64 (1996), S. 177- 183.

[Zacharias 1977] Zacharias, R.: Lebensmittelzubereitung unter dem Aspekt Großküche. In. EU 24 (1977), S. 304- 311.

[Zacharias 1992] Zacharias, R.; Dürr, H.: Lebensmittelverarbeitung im Haushalt. 5. überarbeitete Auflage- Stuttgart: Ulmer 1992.

[Zechmeister 1949] Zechmeister, L.: Stereoisomeric Provitamins A. In: Vitamins and hormones 7 (1949), S. 57- 81.

[van Zeben 1947] van Zeben, W.; Hendriks, T. F.: The Absorption of Carotene from Cooked Carrots. In: Z. Vitamin Forsch. 19 (1948), S. 265-266

[Zhou 1996] Zhou, J. R. et al.: The Crystalline Form of Carotenes and the Food Matrix in Carrot Root Decrease the Relative Bioavailability of η- and ζ-Carotene in the Ferret Model. In: J. Am. Coll. Nutr. 15 (1996), S. 84- 91.

[Ziems 2001] Persönliche Mitteilung von Dr. Michaela Ziems; Institut für Management, Universität Koblenz-Landau, 16.08.01.

[Ziems 2002] Ziems, M.; Schmitt, S.: Sensorische Prüfung von Lebensmitteln nach Verwendung moderner Garverfahren. In: Erfolgsfaktor Qualität: Dokumentation der Jahrestagung 2002 des Fachausschusses Haushaltstechnik – Berichte aus Forschung und Praxis; Bd. 10, Aachen: Shaker 2002, S.95- 105.

[Zobel 1964] Zobel, M.: Zur Beständigkeit und Stabilisierung von Ascorbinsäure in Rohkostsalat. In: Ernährungsforsch. 9 (1964), S. 248- 265.

[Zobel 1992] Zobel, M.: Definition gebräuchlicher Garverfahren auf wissenschaftlicher Grundlage. In: HuW 40 (1992), S.53- 63.

JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

**Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotrophologie und Umweltmanagement**

**Professur für Haushaltstechnik**

# Bewertung des Einflusses verschiedener Garverfahren auf die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität von frischen und TK-Gemüsen anhand ausgewählter Parameter

## Anhang

# Inhaltsverzeichnis

**Abbildungsverzeichnis** **A-III**

**Tabellenverzeichnis** **A-VII**

A-1 Tabellen Literaturteil ..... A-1
A-2 Prüfprotokolle „Sensorik“ ..... A-2
A-2.1 Prüfschema für Paprika ..... A-2
A-2.2 Prüfschema für Broccoli ..... A-3
A-2.3 Prüfschema für Karotten ..... A-4
A-2.4 Prüfschema für Kartoffeln ..... A-5
A-3 Masseveränderungen ..... A-6
A-4 Sensorik ..... A-16
A-4.1 Häufigkeitsverteilungen ..... A-16
A-4.1.1 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Broccoli ..... A-16
A-4.1.2 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Broccoli ..... A-17
A-4.1.3 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Broccoli ..... A-17
A-4.1.4 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Broccoli ..... A-18
A-4.1.5 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Paprika ..... A-18
A-4.1.6 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Paprika ..... A-19
A-4.1.7 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Paprika ..... A-19
A-4.1.8 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Paprika ..... A-20
A-4.1.9 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Karotten ..... A-20
A-4.1.10 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Karotten ..... A-21
A-4.1.11 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Karotten ..... A-21
A-4.1.12 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Karotten ..... A-22
A-4.1.13 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Kartoffeln ..... A-22
A-4.1.14 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Kartoffeln ..... A-23
A-4.1.15 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Kartoffeln ..... A-23
A-4.1.16 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Kartoffeln ..... A-24
A-4.1.17 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Paprika ..... A-25
A-4.1.18 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Paprika im CPC bei 100 % Feuchte ..... A-26

A-4.1.19 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Paprika im CPC bei 60 % Feuchte ..... A-27
A-4.1.20 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Karotten..... A-28
A-4.1.21 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Karotten im CPC bei 100 % Feuchte ..... A-29
A-4.1.22 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Karotten im CPC bei 60 % Feuchte ..... A-30
A-4.1.23 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von TK-Broccoli..... A-31
A-4.1.24 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von TK-Broccoli ..... A-32
A-4.1.25 Häufigkeitsverteilung beim Garten in der Mikrowelle von TK-Broccoli..... A-33
A-4.1.26 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von TK-Paprika ..... A-34
A-4.1.27 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von TK-Paprika..... A-35
A-4.1.28 Häufigkeitsverteilung beim Garen in der Mikrowelle von TK-Paprika ..... A-36
A-4.2 Rangsummen und mittlere Rangplätze..... A-36
A-5 Vitamin- und Rohaschegehalte..... A-40

## Abbildungsverzeichnis

Abb. A-1: Broccoli und Farbe ..... A-16
Abb. A-2: Broccoli und Geschmack ..... A-16
Abb. A-3: Broccoli und Form ..... A-16
Abb. A-4: Broccoli und Textur ..... A-16
Abb. A-5: Broccoli und Farbe ..... A-17
Abb. A-6: Broccoli und Geschmack ..... A-17
Abb. A-7: Broccoli und Form ..... A-17
Abb. A-8: Broccoli und Textur ..... A-17
Abb. A-9: Broccoli und Farbe ..... A-17
Abb. A-10: Broccoli und Geschmack ..... A-17
Abb. A-11: Broccoli und Form ..... A-17
Abb. A-12: Broccoli und Textur ..... A-17
Abb. A-13: Broccoli und Farbe ..... A-18
Abb. A-14: Broccoli und Geschmack ..... A-18
Abb. A-15: Broccoli und Form ..... A-18
Abb. A-16: Broccoli und Textur ..... A-18
Abb. A-17: Paprika und Farbe ..... A-18
Abb. A-18: Paprika und Geschmack ..... A-18
Abb. A-19: Paprika und Form ..... A-18
Abb. A-20: Paprika und Textur ..... A-18
Abb. A-21: Paprika und Farbe ..... A-19
Abb. A-22: Paprika und Geschmack ..... A-19
Abb. A-23: Paprika und Form ..... A-19
Abb. A-24: Paprika und Textur ..... A-19
Abb. A-25: Paprika und Farbe ..... A-19
Abb. A-26: Paprika und Geschmack ..... A-19
Abb. A-27: Paprika und Form ..... A-19
Abb. A-28: Paprika und Textur ..... A-19
Abb. A-29: Paprika und Farbe ..... A-20
Abb. A-30: Paprika und Geschmack ..... A-20
Abb. A-31: Paprika und Form ..... A-20
Abb. A-32: Paprika und Textur ..... A-20

Abb. A-33: Karotten und Farbe ..... A-20
Abb. A-34: Karotten und Geschmack ..... A-20
Abb. A-35: Karotten und Form ..... A-20
Abb. A-36: Karotten und Textur ..... A-20
Abb. A-37: Karotten und Farbe ..... A-21
Abb. A-38: Karotten und Geschmack ..... A-21
Abb. A-39: Karotten und Form ..... A-21
Abb. A-40: Karotten und Textur ..... A-21
Abb. A-41: Karotten und Farbe ..... A-21
Abb. A-42: Karotten und Geschmack ..... A-21
Abb. A-43: Karotten und Form ..... A-21
Abb. A-44: Karotten und Textur ..... A-21
Abb. A-45: Karotten und Farbe ..... A-22
Abb. A-46: Karotten und Geschmack ..... A-22
Abb. A-47: Karotten und Form ..... A-22
Abb. A-48: Karotten und Textur ..... A-22
Abb. A-49: Kartoffeln und Farbe ..... A-22
Abb. A-50: Kartoffeln und Geschmack ..... A-22
Abb. A-51: Kartoffeln und Form ..... A-22
Abb. A-52: Kartoffeln und Textur ..... A-22
Abb. A-53: Kartoffeln und Farbe ..... A-23
Abb. A-54: Kartoffeln und Geschmack ..... A-23
Abb. A-55: Kartoffeln und Form ..... A-23
Abb. A-56: Kartoffeln und Textur ..... A-23
Abb. A-57: Kartoffeln und Farbe ..... A-23
Abb. A-58: Kartoffeln und Geschmack ..... A-23
Abb. A-59: Kartoffeln und Form ..... A-23
Abb. A-60: Kartoffeln und Textur ..... A-23
Abb. A-61: Kartoffeln und Farbe ..... A-24
Abb. A-62: Kartoffeln und Geschmack ..... A-24
Abb. A-63: Kartoffeln und Form ..... A-24
Abb. A-64: Kartoffeln und Textur ..... A-24
Abb. A-65: Paprika und Farbe ..... A-25
Abb. A-66: Paprika und Geschmack ..... A-25

Abb. A-67: Paprika und Form.....A-25
Abb. A-68: Paprika und Textur.....A-25
Abb. A-69: Paprika und Farbe.....A-26
Abb. A-70: Paprika und Geschmack.....A-26
Abb. A-71: Paprika und Form.....A-26
Abb. A-72: Paprika und Textur.....A-26
Abb. A-73: Paprika und Farbe.....A-27
Abb. A-74: Paprika und Geschmack.....A-27
Abb. A-75: Paprika und Form.....A-27
Abb. A-76: Paprika und Textur.....A-27
Abb. A-77: Karotten und Farbe.....A-28
Abb. A-78: Karotten und Geschmack.....A-28
Abb. A-79: Karotten und Form.....A-28
Abb. A-80: Karotten und Textur.....A-28
Abb. A-81: Karotten und Farbe.....A-29
Abb. A-82: Karotten und Geschmack.....A-29
Abb. A-83: Karotten und Form.....A-29
Abb. A-84: Karotten und Textur.....A29
Abb. A-85: Karotten und Farbe.....A-30
Abb. A-86: Karotten und Geschmack.....A-30
Abb. A-87: Karotten und Form.....A-30
Abb. A-88: Karotten und Textur.....A-30
Abb. A-89: TK-Broccoli und Farbe.....A-31
Abb. A-90: TK-Broccoli und Geschmack.....A-31
Abb. A-91: TK-Broccoli und Form.....A-31
Abb. A-92: TK-Broccoli und Textur.....A-31
Abb. A-93: TK-Broccoli und Farbe.....A-32
Abb. A-94: TK-Broccoli und Geschmack.....A-32
Abb. A-95: TK-Broccoli und Form.....A-32
Abb. A-96: TK-Broccoli und Textur.....A-32
Abb. A-97: TK-Broccoli und Farbe.....A-33
Abb. A-98: TK-Broccoli und Geschmack.....A-33
Abb. A-99: TK-Broccoli und Form.....A-33
Abb. A-100: TK-Broccoli und Textur.....A-33

Abb. A-101: TK-Paprika und Farbe ..... A-34
Abb. A-102: TK-Paprika und Geschmack ..... A-34
Abb. A-103: TK-Paprika und Form ..... A-34
Abb. A-104: TK-Paprika und Textur ..... A-34
Abb. A-105: TK-Paprika und Farbe ..... A-35
Abb. A-106: TK-Paprika und Geschmack ..... A-35
Abb. A-107: TK-Paprika und Form ..... A-35
Abb. A-108: TK-Paprika und Textur ..... A-35
Abb. A-109: TK-Paprika und Farbe ..... A-36
Abb. A-110: TK-Paprika und Geschmack ..... A-36
Abb. A-111: TK-Paprika und Form ..... A-36
Abb. A-112: TK-Paprika und Textur ..... A-36

## Tabellenverzeichnis

Tab. A-1: Inhaltsstoffe der untersuchten Gemüse [Souci 1994] ..... A-1
Tab. A-2: Definition gebräuchlicher Garverfahren [Zobel 1992] ..... A-1
Tab. A-3: Masseveränderungen beim Kochen von Broccoli ..... A-6
Tab. A-4: Masseveränderungen beim Dämpfen von Broccoli ..... A-6
Tab. A-5: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Broccoli ..... A-6
Tab. A-6: Masseveränderungen beim Dünsten von Broccoli ..... A-6
Tab. A-7: Masseveränderungen beim Mikrowellengaren von Broccoli ..... A-7
Tab. A-8: Masseveränderungen beim Kochen von Paprika ..... A-7
Tab. A-9: Masseveränderungen beim Dämpfen von Paprika ..... A-7
Tab. A-10: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Paprika ..... A-7
Tab. A-11: Masseveränderungen beim Dünsten von Paprika ..... A-8
Tab. A-12: Masseveränderungen beim Mikrowellengaren von Paprika ..... A-8
Tab. A-13: Masseveränderungen beim Kochen von Kartoffeln ..... A-9
Tab. A-14: Masseveränderungen beim Dämpfen von Kartoffeln ..... A-10
Tab. A-15: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Kartoffeln ..... A-11
Tab. A-16: Masseveränderungen beim Dünsten von Kartoffeln ..... A-11
Tab. A- 17: Masseveränderungen beim Mikrowellengaren von Kartoffeln ..... A-11
Tab. A-18: Masseveränderungen beim Kochen von Karotten ..... A-8
Tab. A-19: Masseveränderungen beim Dämpfen von Karotten ..... A-9
Tab. A-20: Masseveränderungen beim Dampf-Druckgaren von Karotten ..... A-9
Tab. A-21: Masseveränderungen beim Dünsten von Karotten ..... A-9
Tab. A-22: Masseveränderungen beim Mikrowellengaren von Karotten ..... A-9
Tab. A-23: Masseveränderungen beim Kochen von Paprika ..... A-12

Tab. A-24: Masseveränderungen beim Garen von Paprika im CPC bei 100 % Feuchte ..... A-12
Tab. A-25: Masseveränderungen beim Garen von Paprika im CPC bei 60 % Feuchte ..... A-12
Tab. A-26: Masseveränderungen beim Kochen von Karotten ..... A-13
Tab. A-27: Masseveränderungen beim Garen von Karotten im CPC bei 100 % Feuchte ..... A-13
Tab. A-28: Masseveränderungen beim Garen von Karotten im CPC bei 60 % Feuchte ..... A-13
Tab. A-29: Masseveränderungen beim Kochen von TK-Broccoli ..... A-14
Tab. A-30: Masseveränderungen beim Dämpfen TK-Broccoli..... A-14
Tab. A-31: Masseveränderungen beim Mikrowellen garen von TK-Broccoli ..... A-14
Tab. A-32: Masseveränderungen beim Kochen von TK-Paprika..... A-15
Tab. A-33: Masseveränderungen beim Dämpfen von TK-Paprika..... A-15
Tab. A-34: Masseveränderungen beim Mikrowellengaren von TK-Paprika..... A-15
Tab. A-35: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Broccoli..... A-36
Tab. A-36: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Paprika ..... A-37
Tab. A-37: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Karotten ..... A-37
Tab. A-38: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Kartoffeln ..... A-38
Tab. A-39: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Paprika ..... A-38
Tab. A-40: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Karotten ..... A-38
Tab. A-41: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von TK-Broccoli ..... A-39
Tab. A-42: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von TK-Paprika..... A-39

Tab. A-43: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Broccoli ..... A-40
Tab. A-44: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Paprika ..... A-41
Tab. A-45: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Karotten ..... A-42
Tab. A-46: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Kartoffeln ..... A-43
Tab. A-47: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Paprika ..... A-44
Tab. A-48: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Karotten ..... A-45
Tab. A-49: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in TK-Broccoli ..... A-46
Tab. A-50: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in TK-Paprika ..... A-47

# A-1 Tabellen Literaturteil

**Tab. A-1: Inhaltsstoffe der untersuchten Gemüse [Souci 1994]**

| | Broccoli | Karotte | Kartoffel | Paprika |
|---|---|---|---|---|
| Wasser (g/100g) | 89,7 | 88,2 | 77,8 | 91,0 |
| Eiweiß (g/100g) | 3,3 | 0,98 | 2,04 | 1,17 |
| Fett (g/100g) | 0,20 | 0,20 | 0,11 | 0,33 |
| Kohlenhydrate (g/100g) | 2,51 | 4,80 | 14,81 | 2,91 |
| Ballaststoffe (g/100g) | 3,0 | 3,63 | 2,07 | 3,59 |
| Mineralstoffe (g/100g) | 1,1 | 0,86 | 1,02 | 0,57 |
| η-Carotin (µg/100g) | 846,0 | 7790,0 | 5,42 | 535,0 |
| ζ-Tocopherol (µg/100g) | 607,0 | 44,33 | 53,33 | 2470 |
| Vitamin C (mg/100g) | 115,0 | 0,007 | 17,0 | 138,0 |
| Stärke (g/100g) | n.a. | n.a. | 14,1 | 0,13 |
| Saccarose (g/100g) | 0,94 | 1,40 | 0,24 | 1,38 |
| Fructose (g/100g) | 1,04 | 1,31 | 0,17 | 1,25 |
| Cellulose(mg/100g) | 400,0 | 950,0 | 440,0 | n.a. |

**Tab. A-2: Definition gebräuchlicher Garverfahren [Zobel 1992]**

| Gar-verfahren | Wärme-übertragendes Medium | Menge des wärmeüber-tragenden Mediums | Temperatur des wärme-übertragenden Mediums | Art des Energietrans-portes vom Gargefäß bzw. Garraum bis zur Gargutoberfläche |
|---|---|---|---|---|
| Kochen | Wasser | Gargut bedeckt | Siedepunkt des wässrigen Mediums im allgemeinen 100 °C | Wärmeleitung und Konvektion |
| Dünsten | teils Wasser, teils Dampf | wenig, abhängig vom Dampfgefäß bzw. -gerät | | Wärmeleitung und Konvektion, geringfügig Kontakt mit der untersten Schicht |
| Dämpfen | Dampf oder feuchte Luft | | | Konvektion |
| Garen mit Hoch-frequenz | ohne | | Garraum-temperatur steigt geringfügig über Ausgangs-temperatur | Strahlungs-energie Hochfrequenz, Mikrowellen 2450 MHz |

# A-2 Prüfprotokolle „Sensorik“

## *A-2.1 Prüfschema für Paprika [Ziems 2001]*

**Name:** **Proben-Nr.:**

| Pkt. | Farbe | | Form | | Geschmack | | Textur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | kräftig rot, gleichmäßig, arttypisch | | vollkommen erhalten, prall, glatte Oberfläche, gleichmäßig | | vollkommen arteigen, rein, aromatisch | | bissfest, sehr saftig, gleichmäßig | |
| 5 | kräftig rot, nahezu gleichmäßig | | erhalten, glatte Oberfläche, nahezu gleichmäßig | | arteigen, rein, arttypisch | | bissfest, saftig, nahezu gleichmäßig | |
| 4 | leicht zu hell oder zu dunkel, etwas ungleichmäßig | | teilweise zerfallen, leicht geschrumpft, leicht schuppig. | | leicht geschmacks-arm, leicht artfremd | | etwas fest/weich, leicht trocken, mehlig, gummiartig | |
| 3 | merklich verfärbt, missfarben, ungleichmäßig | | merklich zerfallen, merklich geschrumpft, | | geschmacks-arm, grasig/heuig, leicht dumpf | | deutlich weich/fest, deutlich trocken, deutlich faserig | |
| 2 | stark verfärbt, missfarben, ungleichmäßig | | stark zerfallen, stark geschrumpft | | stark heuig, stark dumpf | | stark musig, abgekocht | |
| 1 | völlig verfärbt, völlig produkt-untypisch | | völlig zerfallen, abgekocht | | völlig artfremd | | völlig verändert | |

6 = volle Erfüllung der Erwartungen; 5 = geringe Abweichungen; 4 = merkliche Abweichungen; 3 = deutliche Fehler; 2 = starke Fehler; 1 = völlig verändert

## *A-2.2 Prüfschema für Broccoli [Ziems 2001]*

**Name:** **Proben-Nr.:**

| Pkt. | Farbe | | Form | | Geschmack | | Textur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | kräftig grün, gleichmäßig, arttypisch | | vollkommen erhalten, gleichmäßig | | vollkommen arteigen, rein, aromatisch | | bissfest, sehr saftig, gleichmäßig | |
| 5 | kräftig grün, nahezu gleichmäßig | | erhalten, nahezu gleichmäßig | | arteigen, rein, arttypisch | | bissfest, saftig, nahezu gleichmäßig | |
| 4 | leicht zu hell oder zu dunkel, etwas ungleichmäßig | | teilweise zerfallen | | leicht geschmacks-arm, leicht artfremd | | etwas fest/weich, leicht trocken, mehlig, gummiartig | |
| 3 | merklich verfärbt, missfarben, bräunlich, oliv, ungleichmäßig | | merklich zerfallen | | geschmacks-arm, grasig/heuig, leicht dumpf, brennerig | | deutlich weich/fest, deutlich trocken, deutlich faserig | |
| 2 | stark verfärbt, missfarben, ungleichmäßig | | stark zerfallen | | stark heuig, stark dumpf, stark brennerig | | stark musig, abgekocht, wässrig | |
| 1 | völlig verfärbt, völlig produkt-untypisch | | völlig zerfallen, abgekocht | | völlig artfremd | | völlig verändert | |

6 = volle Erfüllung der Erwartungen; 5 = geringe Abweichungen; 4 = merkliche Abweichungen; 3 = deutliche Fehler; 2 = starke Fehler; 1 = völlig verändert

## *A-2.3 Prüfschema für Karotten [Ziems 2001]*

**Name:** **Proben-Nr.:**

| Pkt | Farbe | | Form | | Geschmack | | Textur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | kräftig orange, gleichmäßig, arttypisch | | vollkommen erhalten, gleichmäßig | | vollkommen arteigen, rein, aromatisch | | bissfest, sehr saftig, gleichmäßig | |
| 5 | kräftig orange, nahezu gleichmäßig | | erhalten, nahezu gleichmäßig | | arteigen, rein, arttypisch | | bissfest, saftig, nahezu gleichmäßig | |
| 4 | leicht zu hell oder zu dunkel, etwas ungleichmäßig | | teilweise zerfallen, leicht wasserlässig | | leicht geschmacks-arm, leicht artfremd | | etwas fest/weich, leicht trocken, mehlig, gummiartig | |
| 3 | merklich verfärbt, missfarben, bräunlich, gelblich, ungleichmäßig | | merklich zerfallen | | geschmacks-arm, leicht dumpf, brennerig, bitter | | deutlich weich/fest, deutlich trocken, deutlich faserig | |
| 2 | stark verfärbt, missfarben, ungleichmäßig | | stark zerfallen | | stark bitter stark dumpf, stark brennerig | | stark musig, abgekocht, wässrig | |
| 1 | völlig verfärbt, völlig produkt-untypisch | | völlig zerfallen, abgekocht | | völlig artfremd | | völlig verändert | |

6 = volle Erfüllung der Erwartungen; 5 = geringe Abweichungen; 4 = merkliche Abweichungen; 3 = deutliche Fehler; 2 = starke Fehler; 1 = völlig verändert

## *A-2.4 Prüfschema für Kartoffeln [Ziems 2001]*

**Name:** **Proben-Nr.:**

| Pkt. | Farbe | | Form | | Geschmack | | Textur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | kräftig hellgelb, gleichmäßig, arttypisch | | vollkommen erhalten, gleichmäßig, glatte Oberfläche | | vollkommen arteigen, rein, aromatisch | | bissfest, sehr zart, gleichmäßig | |
| 5 | kräftig hellgelb, nahezu gleichmäßig | | erhalten, nahezu gleichmäßig | | arteigen, rein, arttypisch | | bissfest, zart, nahezu gleichmäßig | |
| 4 | leicht zu hell oder zu dunkel, etwas ungleichmäßig | | teilweise zerfallen, leicht wasserlässig | | leicht geschmacks-arm, leicht artfremd | | etwas fest/weich, leicht trocken, mehlig, gummiartig | |
| 3 | merklich verfärbt, missfarben, blass-weiß, ungleichmäßig | | merklich zerfallen | | geschmacks-arm, leicht dumpf, brennerig, bitter | | deutlich weich/fest, deutlich trocken | |
| 2 | stark verfärbt, missfarben, ungleichmäßig | | stark zerfallen | | stark bitter stark dumpf, stark brennerig | | stark musig, abgekocht, wässrig | |
| 1 | völlig verfärbt, völlig produkt-untypisch | | völlig zerfallen, abgekocht | | völlig artfremd | | völlig verändert | |

6 = volle Erfüllung der Erwartungen; 5 = geringe Abweichungen; 4 = merkliche Abweichungen; 3 = deutliche Fehler; 2 = starke Fehler; 1 = völlig verändert

# A-3 Masseveränderungen

## Versuchsreihe A

### Broccoli

**Tab. A-3: Masseveränderungen beim Kochen von Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 298,4 | 328,5 | + 10,09 |
| 2 | 303,6 | 332,0 | + 9,35 |
| 3 | 298,5 | 330,5 | + 10,72 |
| 4 | 305,5 | 345,0 | + 12,93 |
| 5 | 305,0 | 339,5 | + 11,31 |
| Mittelwert | | | + 10,88 |

**Tab. A-4: Masseveränderungen beim Dämpfen von Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,2 | 315,0 | + 5,28 |
| 2 | 300,4 | 320,5 | + 6,69 |
| 3 | 299,2 | 310,5 | + 3,78 |
| 4 | 302,4 | 317,0 | + 4,83 |
| 5 | 295,6 | 311,0 | + 5,21 |
| Mittelwert | | | + 5,16 |

**Tab. A-5: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 300,4 | 318,5 | + 6,03 |
| 2 | 299,6 | 316,5 | + 5,64 |
| 3 | 300,0 | 308,0 | + 2,67 |
| 4 | 297,8 | 311,5 | + 4,60 |
| 5 | 302,5 | 319,0 | + 5,45 |
| Mittelwert | | | + 4,88 |

**Tab. A-6: Masseveränderungen beim Dünsten von Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 297,8 | 314,5 | +5,61 |
| 2 | 297,0 | 305,0 | +2,69 |
| 3 | 300,0 | 312,5 | +4,17 |
| 4 | 303,5 | 326,0 | +7,41 |
| 5 | 302,0 | 318,0 | +5,30 |
| Mittelwert | | | +5,04 |

**Tab. A-7: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 297,6 | 280,6 | -5,71 |
| 2 | 298,8 | 293,0 | -1,94 |
| 3 | 306,0 | 281,0 | -8,17 |
| 4 | 300,8 | 282,2 | -6,18 |
| 5 | 300,4 | 276,2 | -8,06 |
| Mittelwert | | | -6,01 |

## Paprika

**Tab. A-8: Masseveränderungen beim Kochen von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,4 | 277,0 | - 7,48 |
| 2 | 301,2 | 278,6 | - 7,50 |
| 3 | 300,8 | 283,0 | - 5,92 |
| 4 | 303,6 | 284,0 | - 6,46 |
| 5 | 300,2 | 280,2 | - 6,66 |
| Mittelwert | | | - 6,80 |

**Tab. A-9: Masseveränderungen beim Dämpfen von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 301,4 | 275,2 | - 8,69 |
| 2 | 302,2 | 277,6 | - 8,14 |
| 3 | 301,4 | 276,4 | - 8,29 |
| 4 | 300,2 | 282,8 | - 5,80 |
| 5 | 299,2 | 281,5 | - 5,92 |
| Mittelwert | | | - 7,37 |

**Tab. A-10: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 300,6 | 280,0 | - 6,85 |
| 2 | 299,2 | 279,8 | - 6,48 |
| 3 | 300,0 | 279,8 | - 6,73 |
| 4 | 300,4 | 282,4 | - 5,99 |
| 5 | 300,0 | 278,0 | - 7,33 |
| Mittelwert | | | - 6,68 |

**Tab. A-11: Masseveränderungen beim Dünsten von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,4 | 286,6 | -4,28 |
| 2 | 300,4 | 274,0 | -8,79 |
| 3 | 303,2 | 280,2 | -7,59 |
| 4 | 302,0 | 273,8 | -9,34 |
| 5 | 300,0 | 277,6 | -7,47 |
| Mittelwert | | | -7,49 |

**Tab. A-12: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 305,2 | 267,8 | -12,25 |
| 2 | 305,6 | 269,2 | -11,91 |
| 3 | 299,6 | 257,8 | -13,95 |
| 4 | 293,4 | 253,8 | -13,50 |
| 5 | 311,0 | 273,8 | -11,96 |
| Mittelwert | | | -12,72 |

## Karotten

**Tab. A-13: Masseveränderungen beim Kochen von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,2 | 279,2 | - 6,68 |
| 2 | 300,0 | 277,2 | - 7,60 |
| 3 | 302,0 | 273,8 | - 9,34 |
| 4 | 299,4 | 278,0 | - 7,15 |
| 5 | 301,2 | 277,8 | - 7,77 |
| Mittelwert | | | - 7,71 |

**Tab. A-14: Masseveränderungen beim Dämpfen von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 302,6 | 274,4 | - 9,32 |
| 2 | 300,8 | 277,6 | - 7,71 |
| 3 | 297,8 | 274,2 | - 7,92 |
| 4 | 300,4 | 275,4 | - 8,32 |
| 5 | 301,0 | 282,2 | - 6,25 |
| Mittelwert | | | - 7,90 |

**Tab. A-15: Masseveränderungen beim Dampfdruckgaren von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 298,4 | 271,2 | - 9,12 |
| 2 | 299,8 | 276,4 | - 7,81 |
| 3 | 300,0 | 276,0 | - 8,00 |
| 4 | 300,0 | 273,2 | - 8,93 |
| 5 | 300,2 | 275,4 | - 8,26 |
| Mittelwert | | | - 8,42 |

**Tab. A-16: Masseveränderungen beim Dünsten von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 302,2 | 278,2 | -7,94 |
| 2 | 302,2 | 277,8 | -8,07 |
| 3 | 302,2 | 279,2 | -7,61 |
| 4 | 301,0 | 278,4 | -7,51 |
| 5 | 300,8 | 277,8 | -7,65 |
| Mittelwert | | | -7,76 |

**Tab. A-17: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 301,6 | 271,4 | -10,01 |
| 2 | 302 | 274,0 | -9,27 |
| 3 | 299,6 | 272,2 | -9,15 |
| 4 | 301,6 | 274,2 | -9,08 |
| 5 | 299,8 | 272,4 | -9,14 |
| Mittelwert | | | -9,33 |

## Kartoffeln

**Tab. A-18: Masseveränderungen beim Kochen von Kartoffeln**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 284,8 | 289,8 | + 1,76 |
| 2 | 297,8 | 299,0 | + 0,40 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 | 292,4 | 292,2 | - 0,07 |
| 4 | 293,8 | 298,0 | + 1,43 |
| 5 | 289,6 | 286,8 | - 0,97 |
| Mittelwert | | | + 0,51 |

**Tab. A-19: Masseveränderungen beim Dämpfen von Kartoffeln**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 289,4 | 293,4 | + 1,38 |
| 2 | 294,2 | 296,0 | + 0,61 |
| 3 | 295,4 | 300,6 | + 1,76 |
| 4 | 288,6 | 290,0 | + 0,49 |
| 5 | 291,8 | 295,0 | + 1,10 |
| Mittelwert | | | + 1,07 |

**Tab. A-20: Masseveränderungen beim Druckdämpfen von Kartoffeln**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 291,8 | 287,8 | - 1,37 |
| 2 | 292,4 | 289,0 | - 1,16 |
| 3 | 291,6 | 283,8 | - 2,67 |
| 4 | 303,0 | 296,8 | - 2,05 |
| 5 | 287,0 | 279,6 | - 2,58 |
| Mittelwert | | | - 1,97 |

**Tab. A-21: Masseveränderungen beim Dünsten von Kartoffeln**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 289,0 | 289,6 | +0,21 |
| 2 | 294,2 | 295,2 | +0,34 |
| 3 | 287,0 | 289,4 | +0,84 |
| 4 | 291,4 | 291,6 | +0,07 |
| 5 | 299,8 | 300,0 | +0,07 |
| Mittelwert | | | +0,30 |

**Tab. A- 22: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von Kartoffeln**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 298,8 | 281,8 | -5,69 |
| 2 | 304,8 | 284,8 | -6,56 |
| 3 | 305,0 | 288,0 | -5,57 |
| 4 | 303,2 | 286,4 | -5,54 |
| 5 | 301,8 | 283,8 | -5,96 |
| Mittelwert | | | -5,87 |

# Versuchsreihe B

## Paprika

**Tab. A-23: Masseveränderungen beim Kochen von Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,0 | 271,0 | - 9,36 |
| 2 | 300,2 | 271,8 | - 9,46 |
| 3 | 296,8 | 264,8 | - 10,78 |
| 4 | 296,6 | 265,0 | - 10,65 |
| 5 | 295,8 | 268,2 | - 9,33 |
| Mittelwert | | | - 9,92 |

**Tab. A-24: Masseveränderungen von Paprika beim Garen im CPC bei 100 % Feuchte**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 298,8 | 268,6 | - 10,11 |
| 2 | 295,6 | 266,0 | - 10,01 |
| 3 | 303,2 | 273,0 | - 9,96 |
| 4 | 305,2 | 279,0 | - 8,58 |
| 5 | 306,0 | 273,2 | - 10,72 |
| Mittelwert | | | - 9,88 |

**Tab. A-25: Masseveränderungen von Paprika beim Garen im CPC bei 60 % Feuchte**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,8 | 257,8 | - 14,01 |
| 2 | 304,4 | 264,2 | - 13,21 |
| 3 | 303,2 | 264,2 | - 12,86 |
| 4 | 305,4 | 264,0 | - 13,56 |
| 5 | 302,0 | 262,2 | - 13,18 |
| Mittelwert | | | - 13,36 |

## Karotten

**Tab. A-26: Masseveränderungen beim Kochen von Karotten**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 298,4 | 270,4 | - 9,38 |
| 2 | 301,0 | 270,6 | - 10,10 |
| 3 | 298,4 | 272,6 | - 8,65 |
| 4 | 298,8 | 276,4 | - 7,50 |
| 5 | 302,0 | 274,8 | - 9,01 |
| Mittelwert | | | - 8,93 |

**Tab. A-27: Masseveränderungen von Karotten beim Garen im CPC bei 100 % Feuchte**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 301,6 | 268,0 | - 11,14 |
| 2 | 303,0 | 271,0 | - 10,56 |
| 3 | 305,2 | 276,0 | - 9,57 |
| 4 | 299,6 | 273,4 | - 8,74 |
| 5 | 303,4 | 270,8 | - 10,74 |
| Mittelwert | | | - 10,15 |

**Tab. A-28: Masseveränderungen von Karotten beim Garen im CPC bei 60 % Feuchte**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 300,4 | 263,0 | - 12,45 |
| 2 | 300,8 | 261,6 | - 13,03 |
| 3 | 304,0 | 257,8 | - 15,20 |
| 4 | 300,6 | 260,4 | - 13,37 |
| 5 | 303,6 | 263,8 | - 13,11 |
| Mittelwert | | | - 13,43 |

# Versuchsreihe C

## TK-Broccoli

**Tab. A-29: Masseveränderungen beim Kochen von TK-Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 304,8 | 241,2 | -20,87 |
| 2 | 303,0 | 239,2 | -21,06 |
| 3 | 300,0 | 229,0 | -23,67 |
| 4 | 299,6 | 233,2 | -22,16 |
| 5 | 306,0 | 233,2 | -23,79 |
| Mittelwert | | | -22,31 |

**Tab. A-30: Masseveränderungen beim Dämpfen TK-Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 297,8 | 227,2 | -23,71 |
| 2 | 304,6 | 233,2 | -23,44 |
| 3 | 299,2 | 229,4 | -23,33 |
| 4 | 302,6 | 230,2 | -23,93 |
| 5 | 300,2 | 234,0 | -22,05 |
| Mittelwert | | | -23,29 |

**Tab. A-31: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von TK-Broccoli**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 299,6 | 219,4 | -26,77 |
| 2 | 302,2 | 228,2 | -24,49 |
| 3 | 299,2 | 229,2 | -23,40 |
| 4 | 300,4 | 225,2 | -25,03 |
| 5 | 300,2 | 222,8 | -25,78 |
| Mittelwert | | | -25,09 |

## TK-Paprika

**Tab. A-32: Masseveränderungen beim Kochen von TK-Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 301,0 | 224,8 | -25,32 |
| 2 | 300,2 | 227,6 | -24,18 |
| 3 | 300,6 | 224,8 | -25,22 |
| 4 | 299,6 | 223,4 | -25,43 |
| 5 | 300,8 | 223,2 | -25,80 |
| Mittelwert | | | -25,19 |

**Tab. A-33: Masseveränderungen beim Dämpfen von TK-Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 300,4 | 221,2 | -26,36 |
| 2 | 301,8 | 222,6 | -26,24 |
| 3 | 300,4 | 223,2 | -25,70 |
| 4 | 301,0 | 217,8 | -27,64 |
| 5 | 300,6 | 216,4 | -28,01 |
| Mittelwert | | | -26,79 |

**Tab. A-34: Masseveränderungen beim Garen in der Mikrowelle von TK-Paprika**

| Versuchsnummer | Anfangsmasse (g) | Endmasse (g) | Veränderung (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 300,8 | 216,6 | -27,99 |
| 2 | 301,8 | 214,4 | -28,96 |
| 3 | 299,0 | 208,8 | -30,17 |
| 4 | 299,8 | 214,0 | -28,62 |
| 5 | 302,4 | 212,0 | -29,89 |
| Mittelwert | | | -29,13 |

# A-4 Sensorik

## *A-4.1 Häufigkeitsverteilungen*

## Versuchsreihe A

### Broccoli

### A-4.1.1 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Broccoli

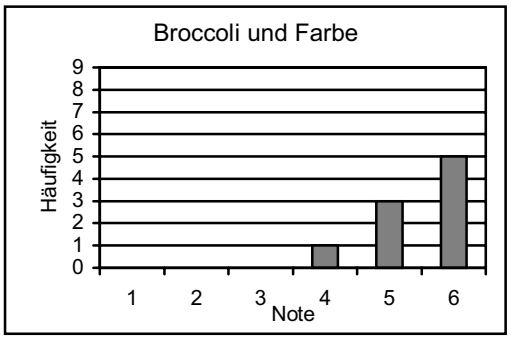



**Abb. A-1: Broccoli und Farbe**

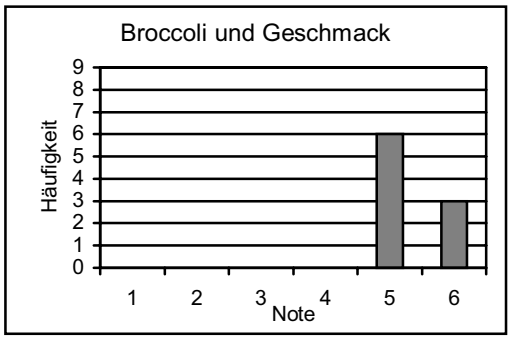



**Abb. A-2: Broccoli und Geschmack**

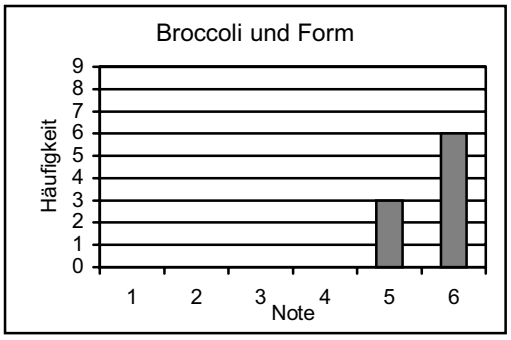



**Abb. A-3: Broccoli und Form**

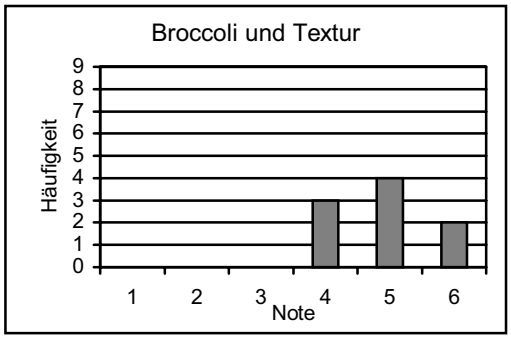



**Abb. A-4: Broccoli und Textur**

## A-4.1.2 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Broccoli

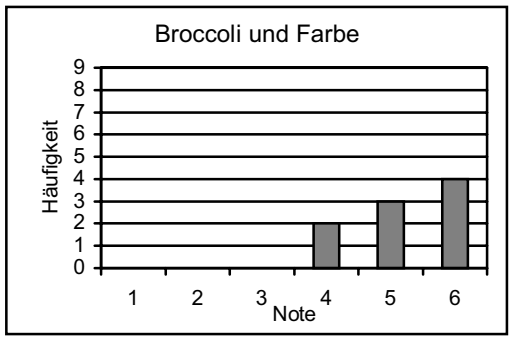



**Abb. A-5: Broccoli und Farbe**

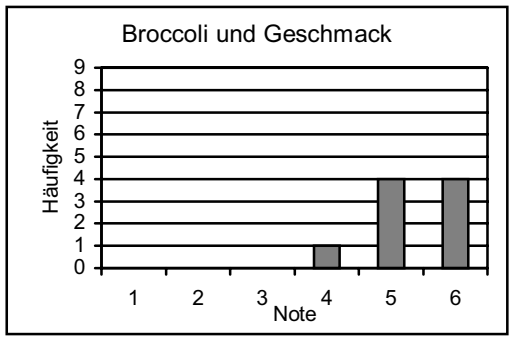



**Abb. A-6: Broccoli und Geschmack**

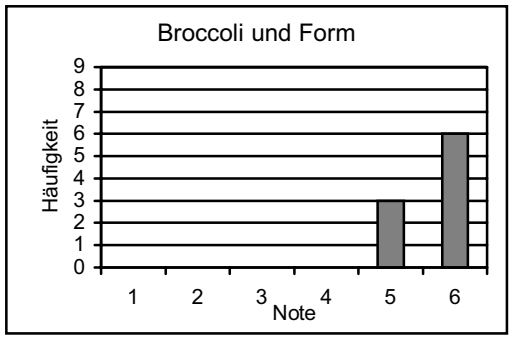



**Abb. A-7: Broccoli und Form**

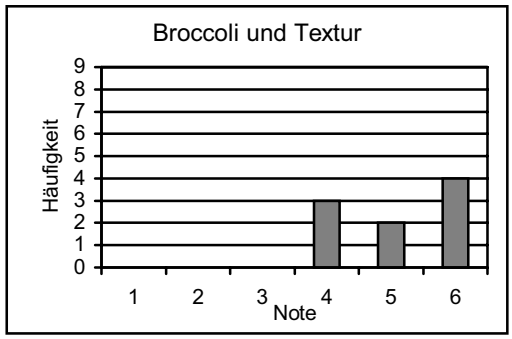



**Abb. A-8: Broccoli und Textur**

## A-4.1.3 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Broccoli

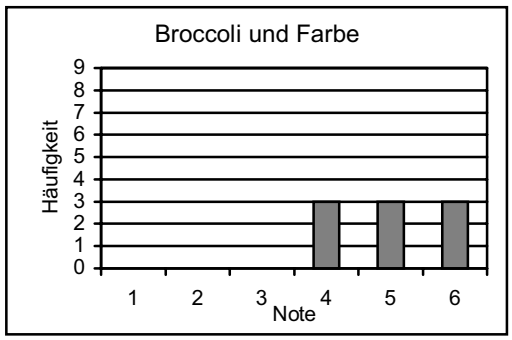



**Abb. A-9: Broccoli und Farbe**

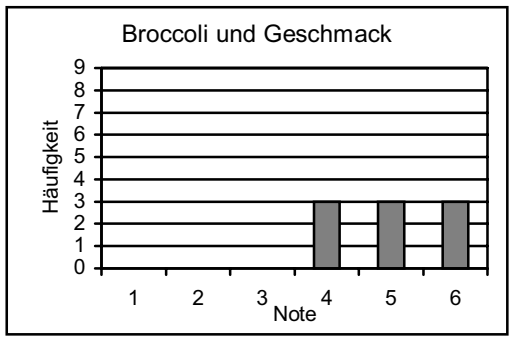



**Abb. A-10: Broccoli und Geschmack**

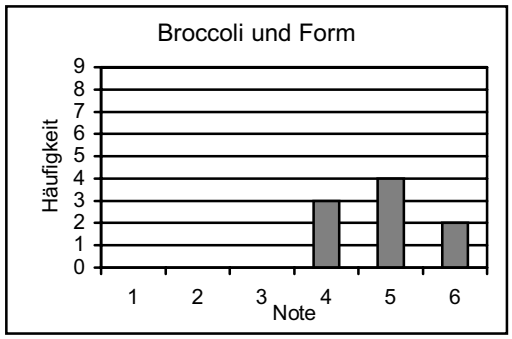



**Abb. A-11: Broccoli und Form**

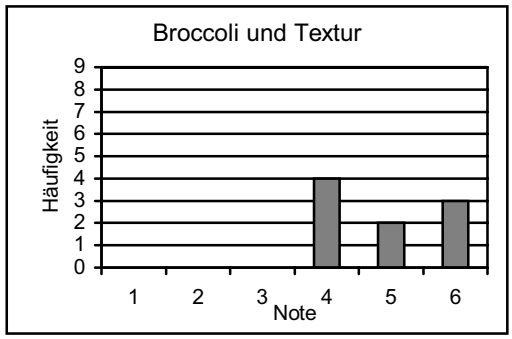



**Abb. A-12: Broccoli und Textur**

## A-4.1.4 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Broccoli

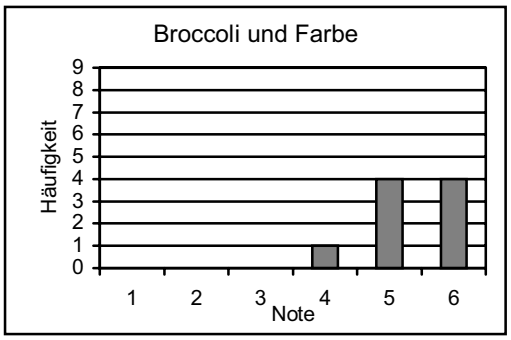



**Abb. A-13: Broccoli und Farbe**

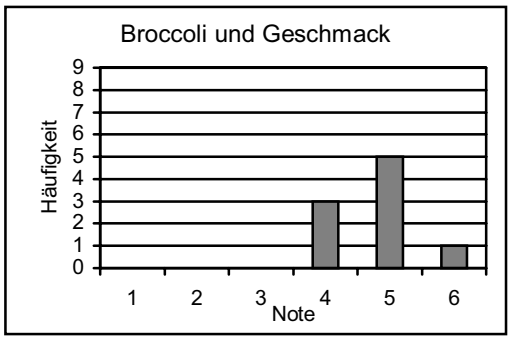



**Abb. A-14: Broccoli und Geschmack**

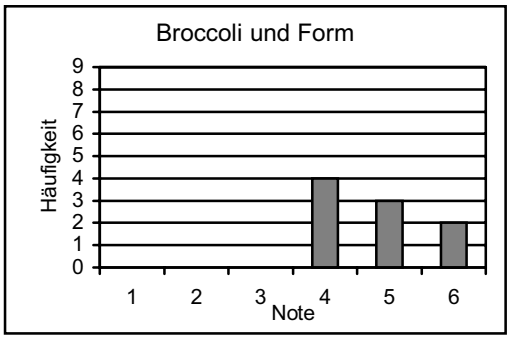



**Abb. A-15: Broccoli und Form**

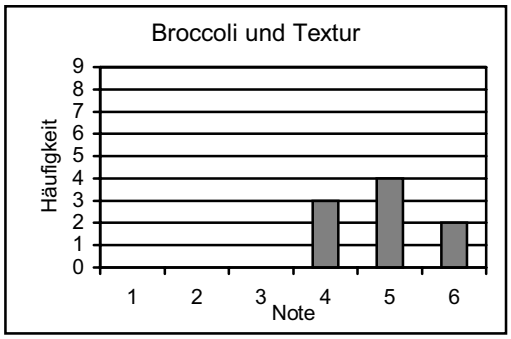



**Abb. A-16: Broccoli und Textur**

### Paprika

## A-4.1.5 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Paprika

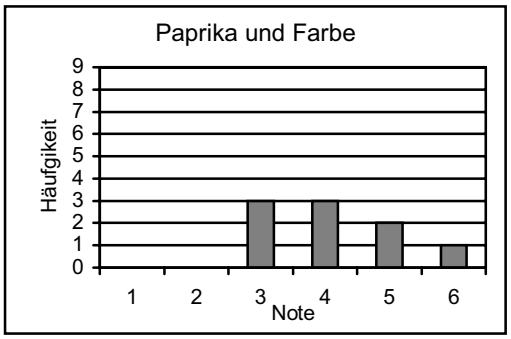



**Abb. A-17: Paprika und Farbe**

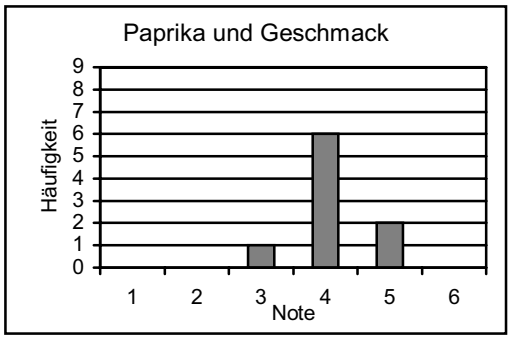



**Abb. A-18: Paprika und Geschmack**

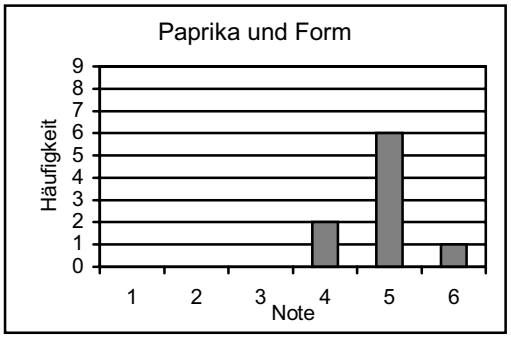



**Abb. A-19: Paprika und Form**

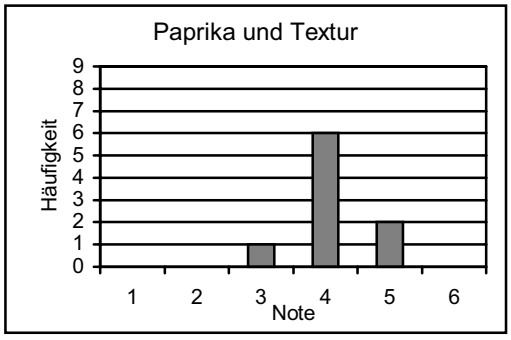



**Abb. A-20: Paprika und Textur**

## A-4.1.6 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Paprika

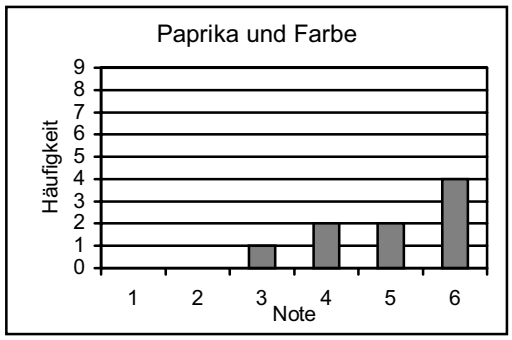



**Abb. A-21: Paprika und Farbe**

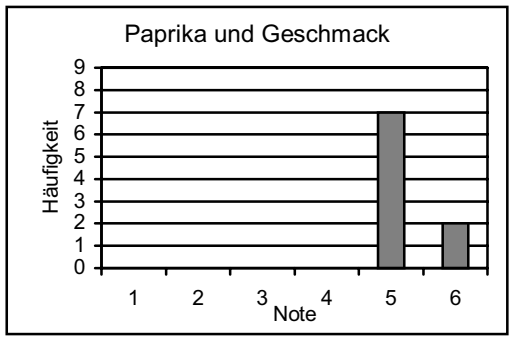



**Abb. A-22: Paprika und Geschmack**

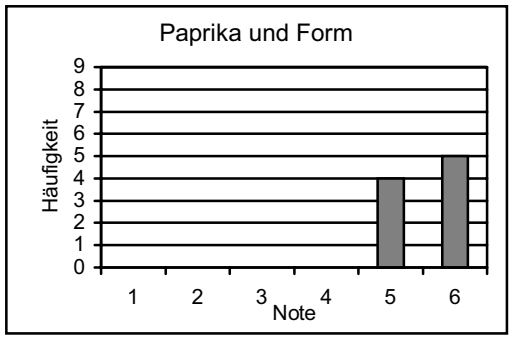



**Abb. A-23: Paprika und Form**

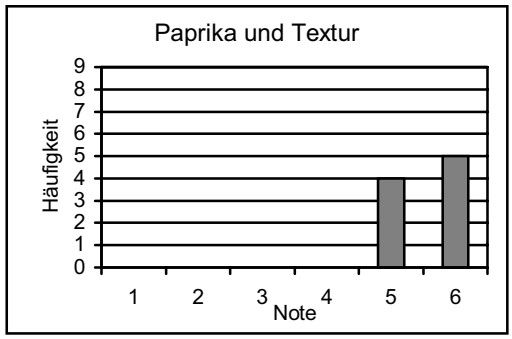



**Abb. A-24: Paprika und Textur**

## A-4.1.7 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Paprika

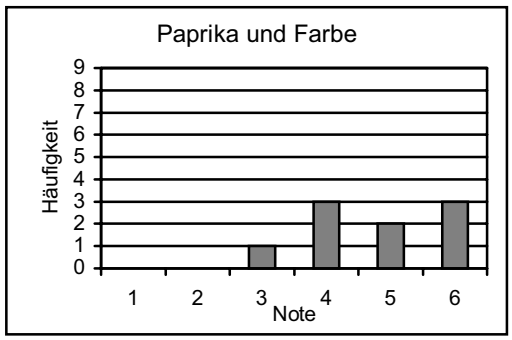



**Abb. A-25: Paprika und Farbe**

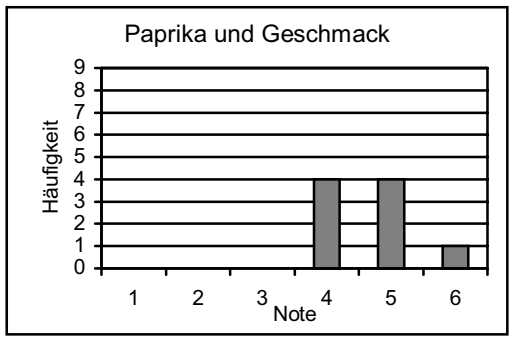



**Abb. A-26: Paprika und Geschmack**

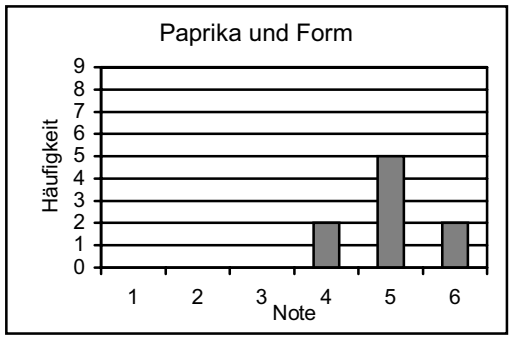



**Abb. A-27: Paprika und Form**

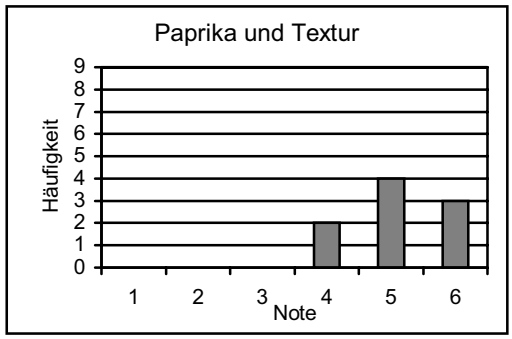



**Abb. A-28: Paprika und Textur**

## A-4.1.8 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Paprika

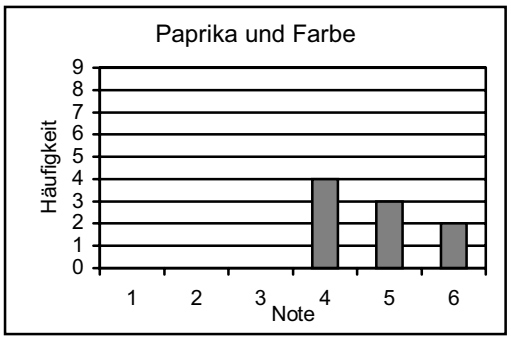



**Abb. A-29: Paprika und Farbe**

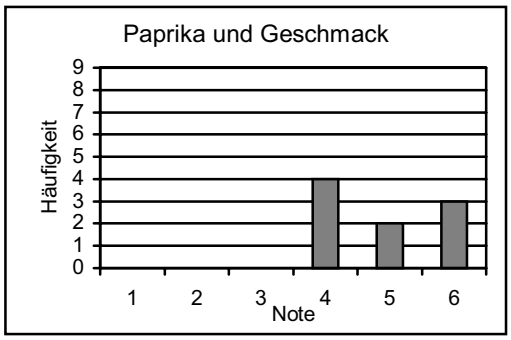



**Abb. A-30: Paprika und Geschmack**

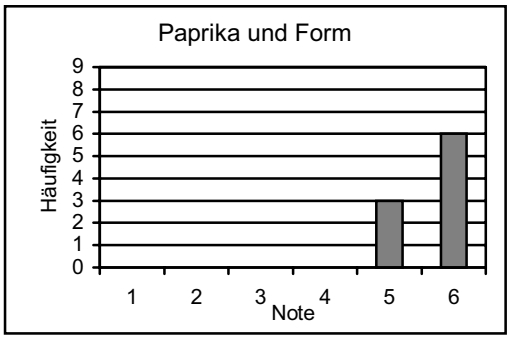



**Abb. A-31: Paprika und Form**

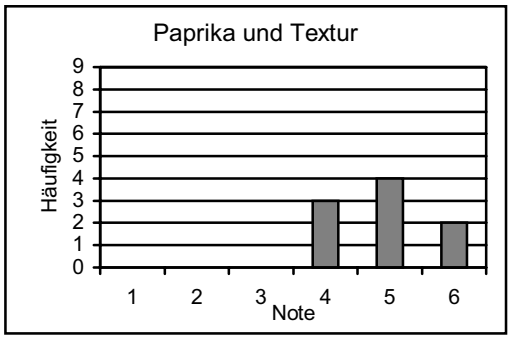



**Abb. A-32: Paprika und Textur**

### Karotten

## A-4.1.9 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Karotten

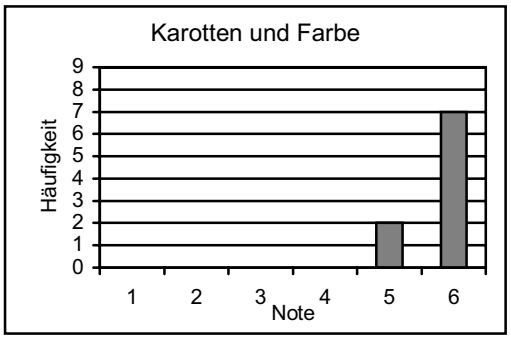



**Abb. A-33: Karotten und Farbe**

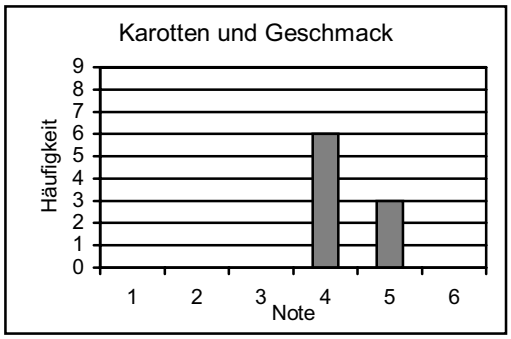



**Abb. A-34: Karotten und Geschmack**

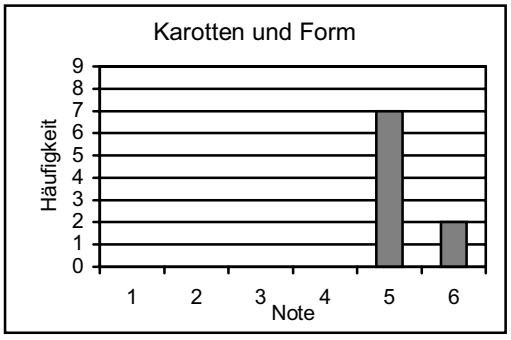



**Abb. A-35: Karotten und Form**

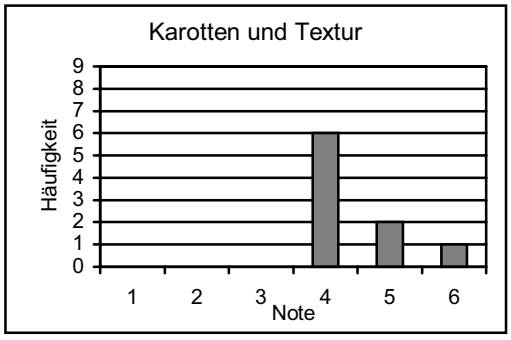



**Abb. A-36: Karotten und Textur**

## A-4.1.10 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Karotten

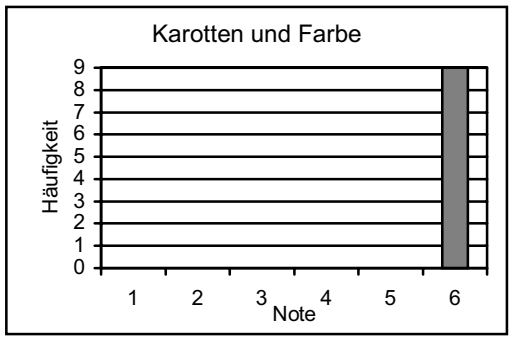



**Abb. A-37: Karotten und Farbe**

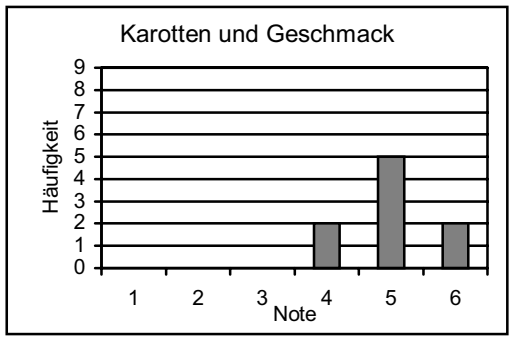



**Abb. A-38: Karotten und Geschmack**

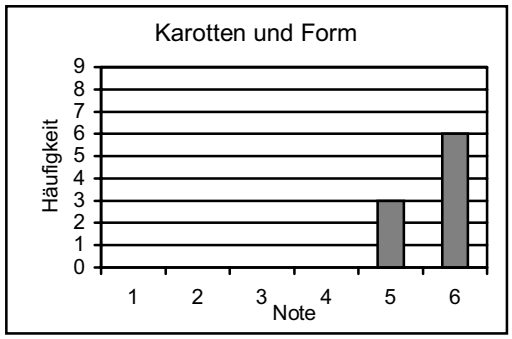



**Abb. A-39: Karotten und Form**

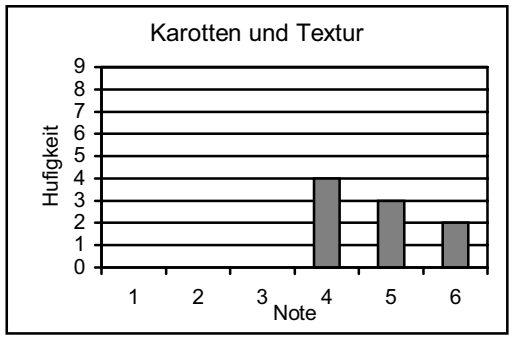



**Abb. A-40: Karotten und Textur**

## A-4.1.11 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Karotten

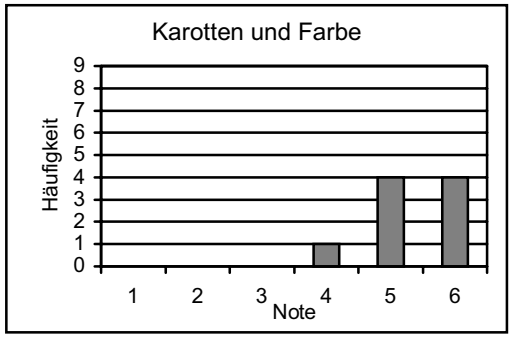



**Abb. A-41: Karotten und Farbe**

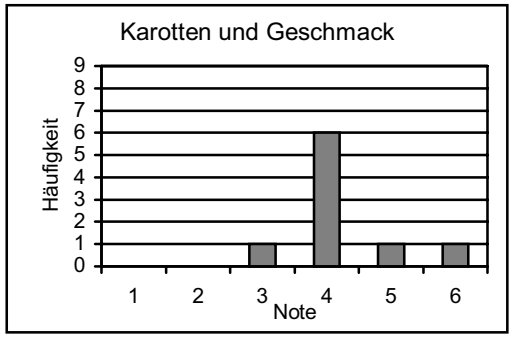



**Abb. A-42: Karotten und Geschmack**

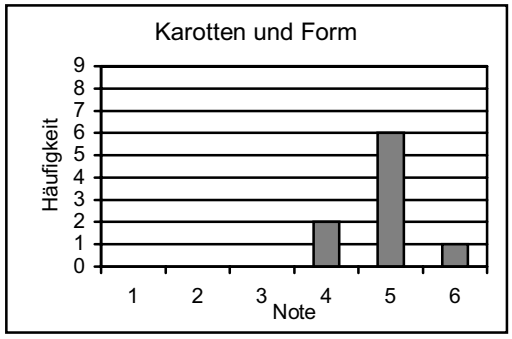



**Abb. A-43: Karotten und Form**

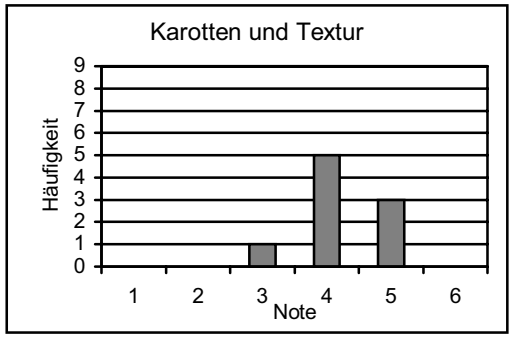



**Abb. A-44: Karotten und Textur**

## A-4.1.12 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Karotten

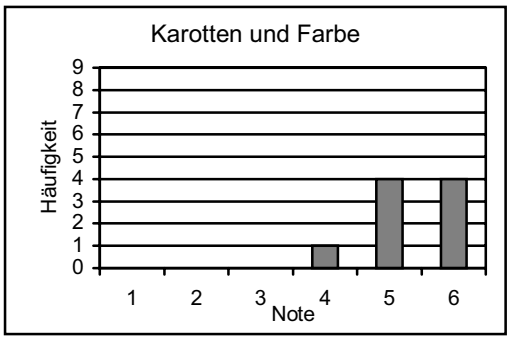



**Abb. A-45: Karotten und Farbe**

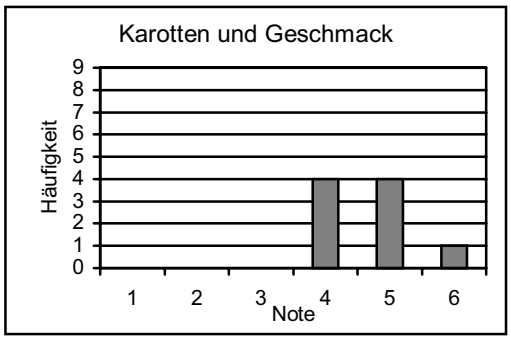



**Abb. A-46: Karotten und Geschmack**

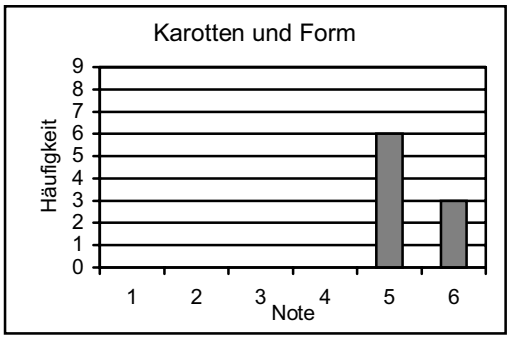



**Abb. A-47: Karotten und Form**

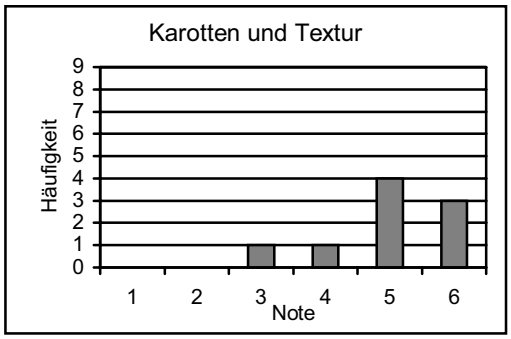



**Abb. A-48: Karotten und Textur**

### Kartoffeln

## A-4.1.13 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Kartoffeln

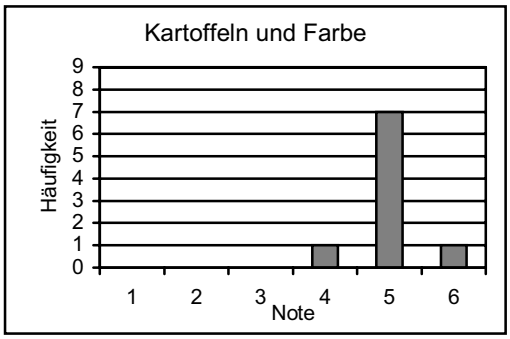



**Abb. A-49: Kartoffeln und Farbe**

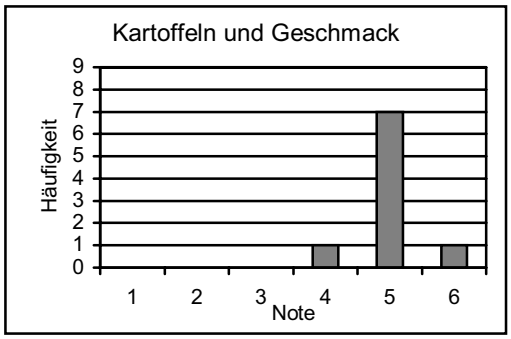



**Abb. A-50: Kartoffeln und Geschmack**

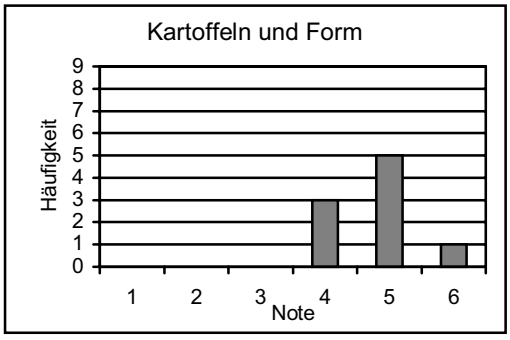



**Abb. A-51: Kartoffeln und Form**

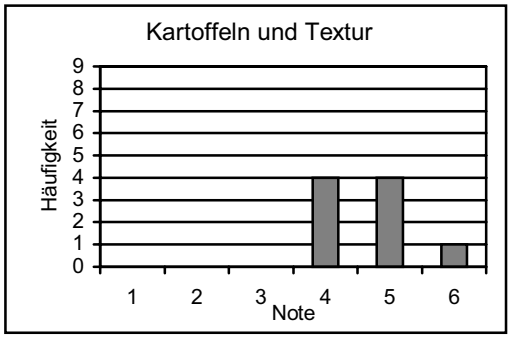



**Abb. A-52: Kartoffeln und Textur**

## A-4.1.14 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von Kartoffeln

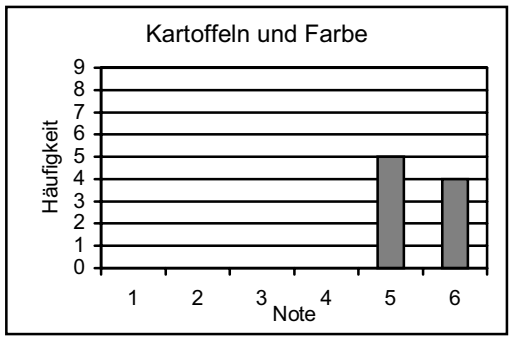



**Abb. A-53: Kartoffeln und Farbe**

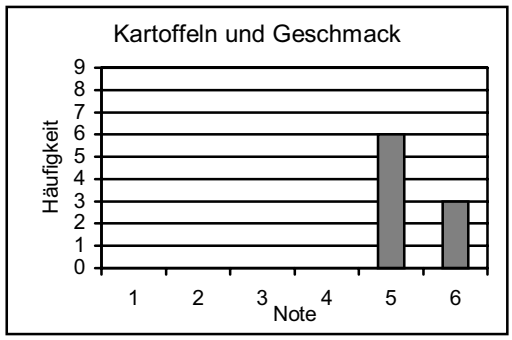



**Abb. A-54: Kartoffeln und Geschmack**

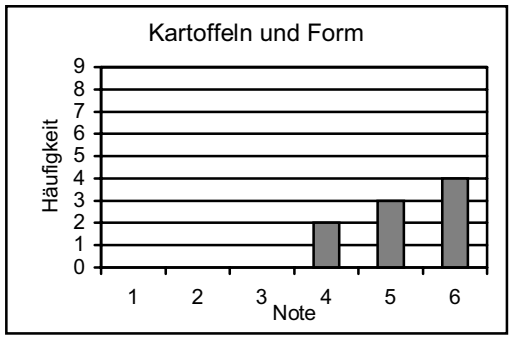



**Abb. A-55: Kartoffeln und Form**

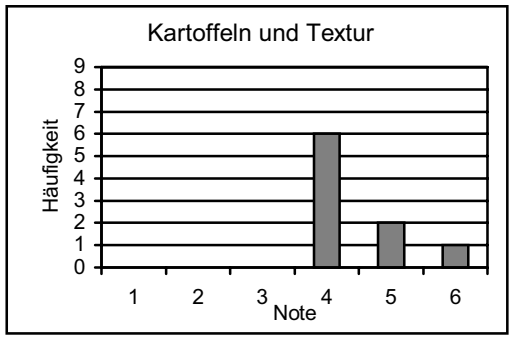



**Abb. A-56: Kartoffeln und Textur**

## A-4.1.15 Häufigkeitsverteilung beim Druckdämpfen von Kartoffeln

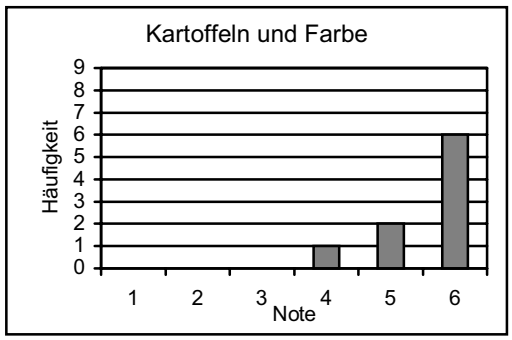



**Abb. A-57: Kartoffeln und Farbe**

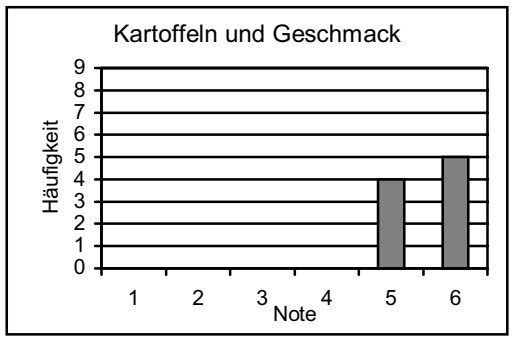



**Abb. A-58: Kartoffeln und Geschmack**

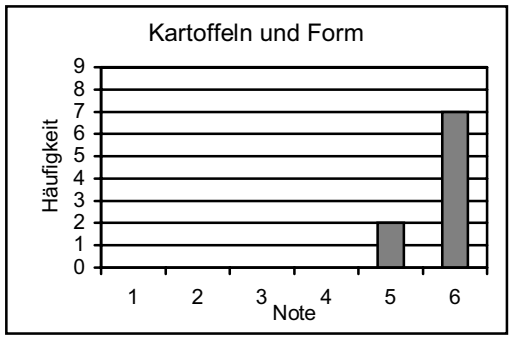



**Abb. A-59: Kartoffeln und Form**

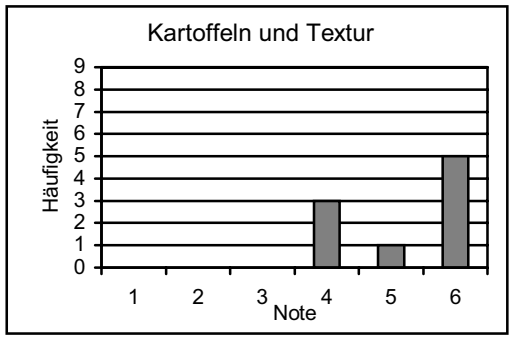



**Abb. A-60: Kartoffeln und Textur**

## A-4.1.16 Häufigkeitsverteilung beim Dünsten von Kartoffeln

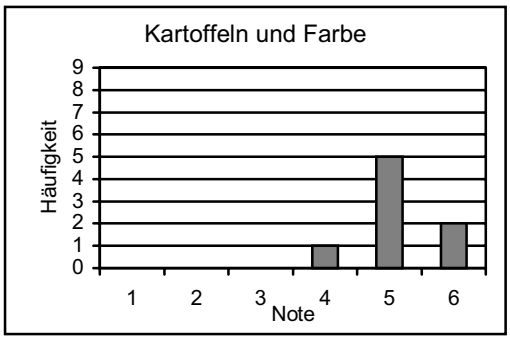



**Abb. A-61: Kartoffeln und Farbe**

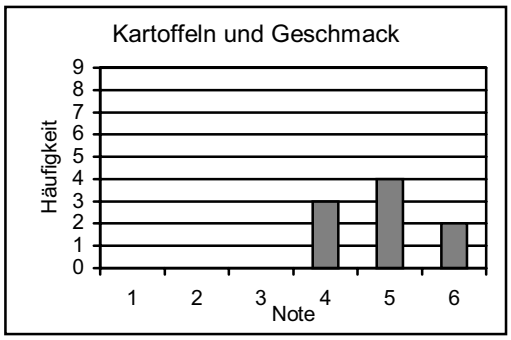



**Abb. A-62: Kartoffeln und Geschmack**

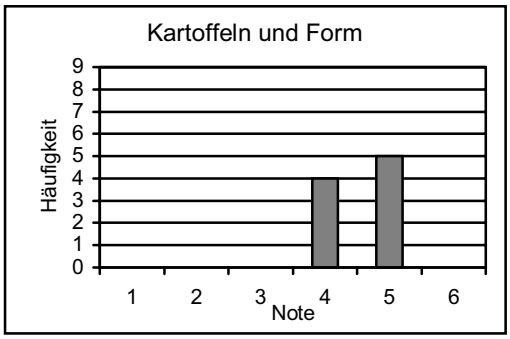



**Abb. A-63: Kartoffeln und Form**

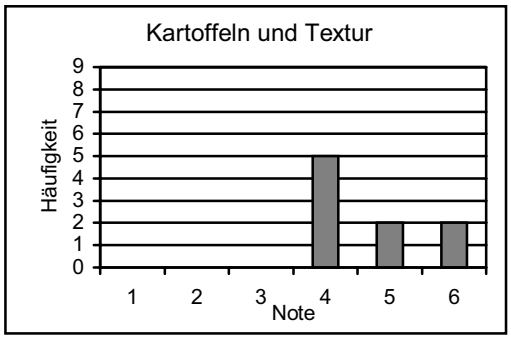



**Abb. A-64: Kartoffeln und Textur**

# Versuchsreihe B

## Paprika

## A-4.1.17 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Paprika

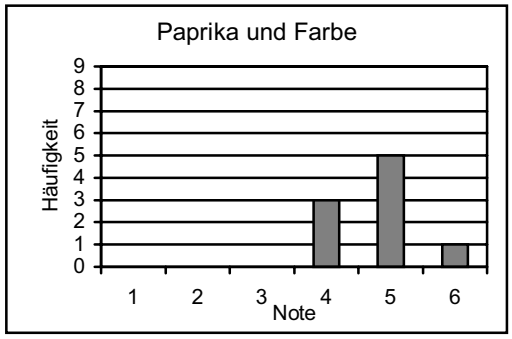



**Abb. A-65: Paprika und Farbe**

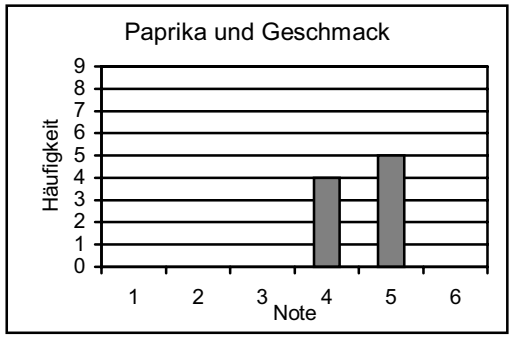



**Abb. A-66: Paprika und Geschmack**

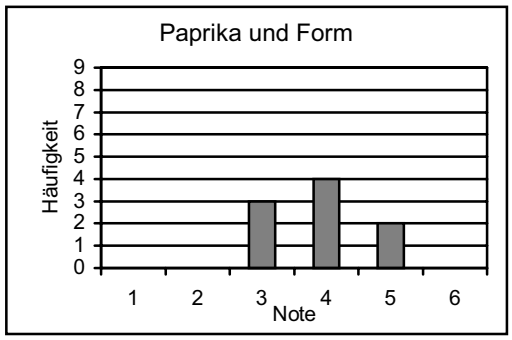



**Abb. A-67: Paprika und Form**

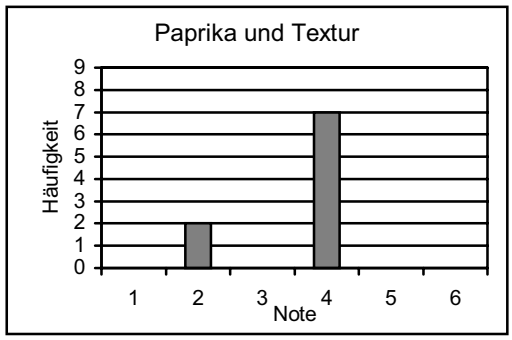



**Abb. A-68: Paprika und Textur**

## A-4.1.18 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Paprika im CPC bei 100 % Feuchte

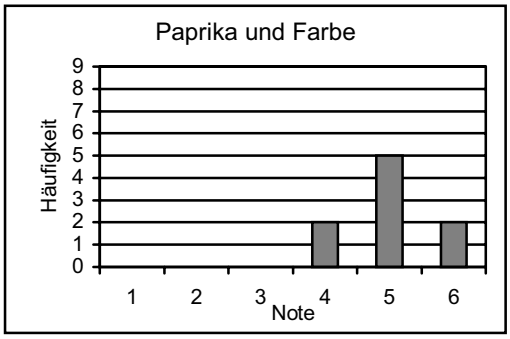



**Abb. A-69: Paprika und Farbe**

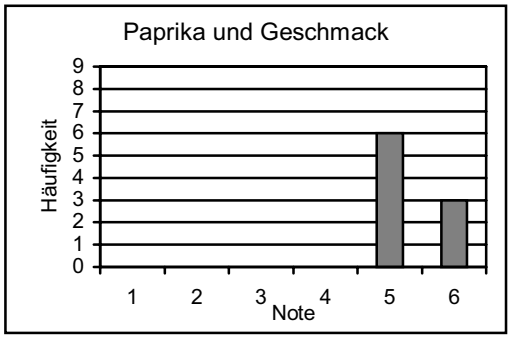



**Abb. A-70: Paprika und Geschmack**

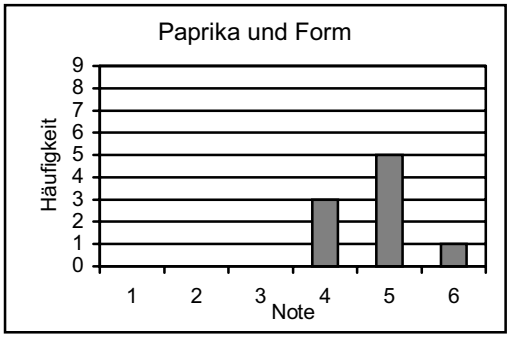



**Abb. A-71: Paprika und Form**

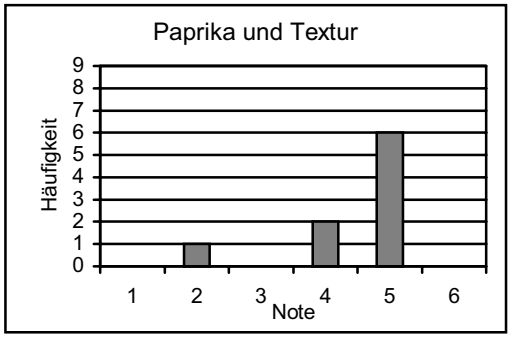



**Abb. A-72: Paprika und Textur**

## A-4.1.19 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Paprika im CPC bei 60 % Feuchte

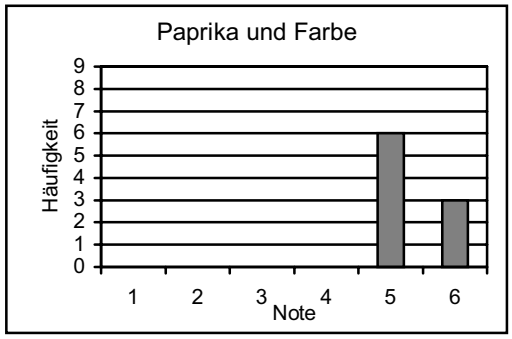



**Abb. A-73: Paprika und Farbe**

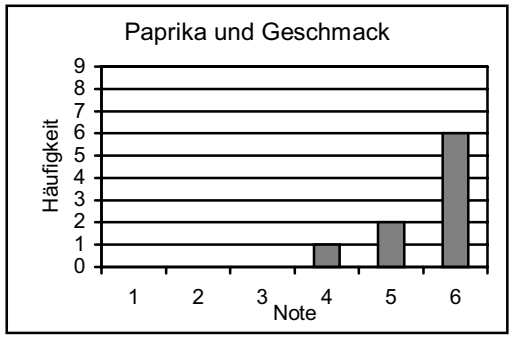



**Abb. A-74: Paprika und Geschmack**

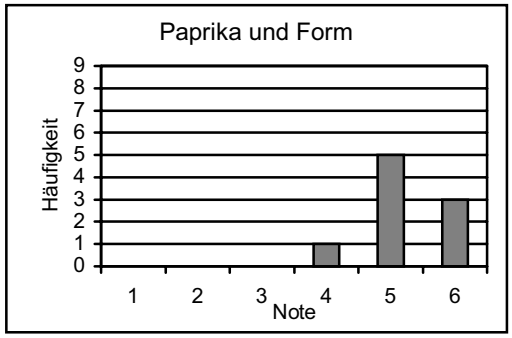



**Abb. A-75: Paprika und Form**

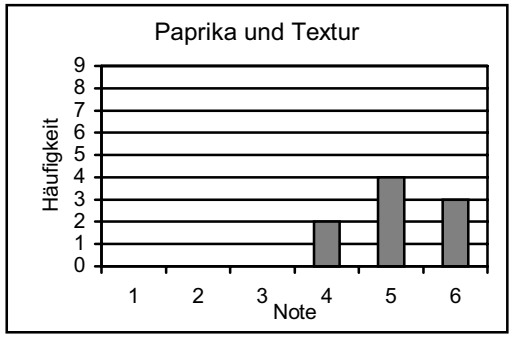



**Abb. A-76: Paprika und Textur**

## Karotten

## A-4.1.20 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von Karotten

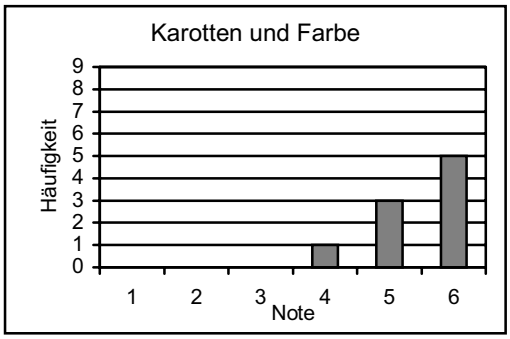



**Abb. A-77: Karotten und Farbe**

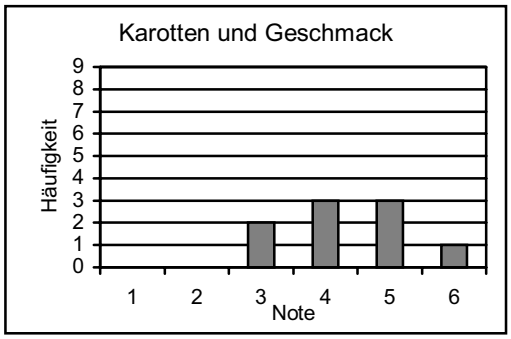



**Abb. A-78: Karotten und Geschmack**

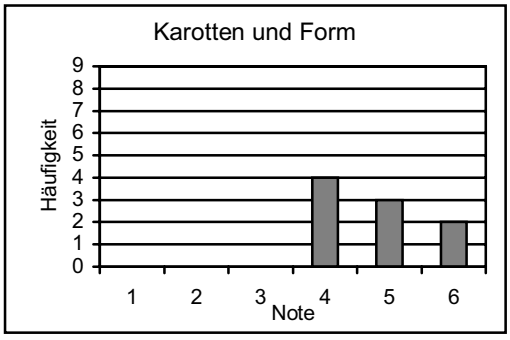



**Abb. A-79: Karotten und Form**

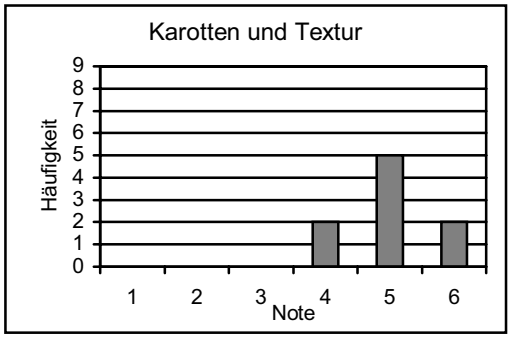



**Abb. A-80: Karotten und Textur**

## A-4.1.21 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Karotten im CPC bei 100 % Feuchte

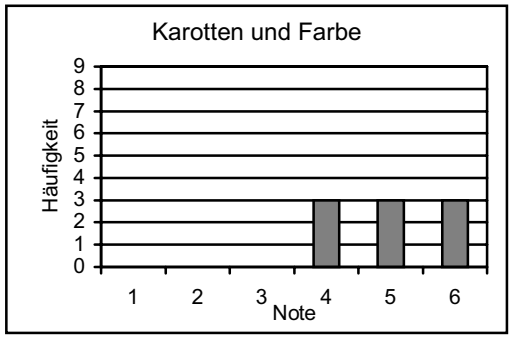



**Abb. A-81: Karotten und Farbe**

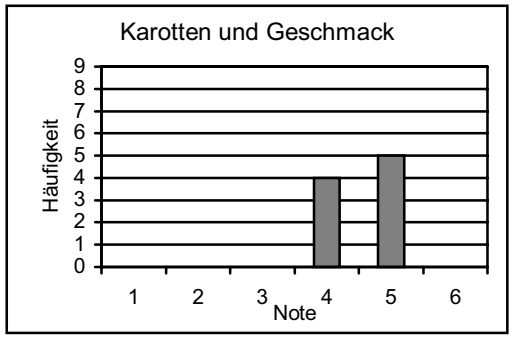



**Abb. A-82: Karotten und Geschmack**

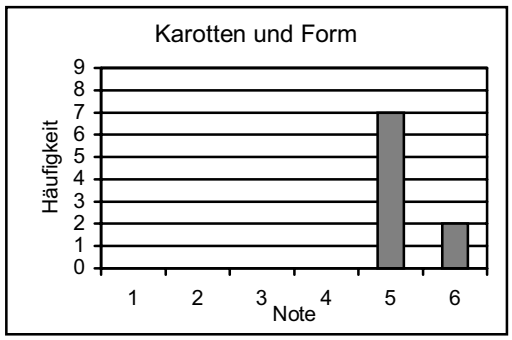



**Abb. A-83: Karotten und Form**

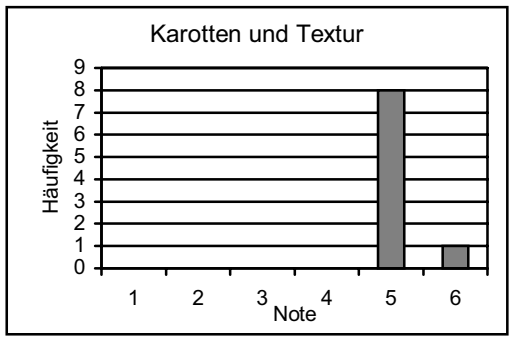



**Abb. A-84: Karotten und Textur**

## A-4.1.22 Häufigkeitsverteilung beim Garen von Karotten im CPC bei 60 % Feuchte

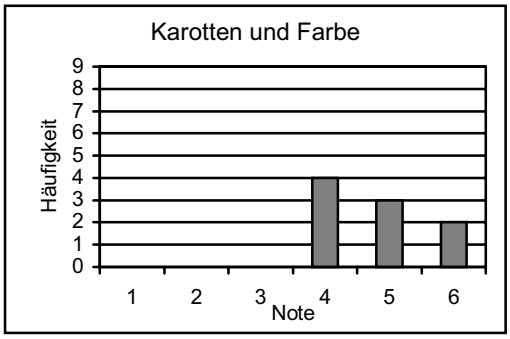



**Abb. A-85: Karotten und Farbe**

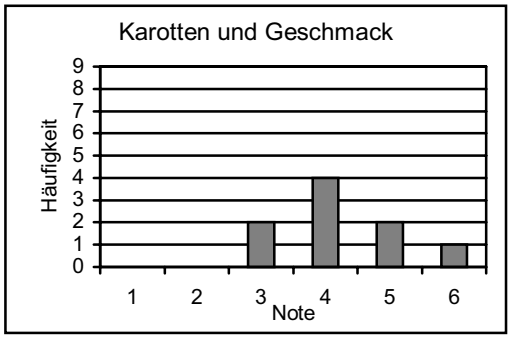



**Abb. A-86: Karotten und Geschmack**

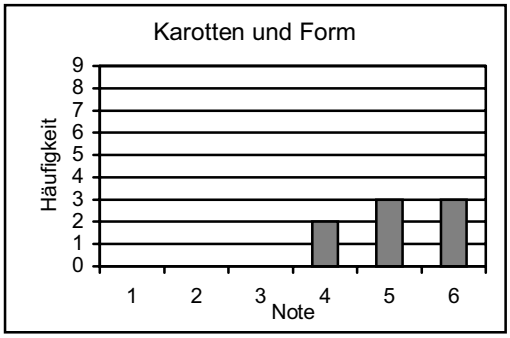



**Abb. A-87: Karotten und Form**

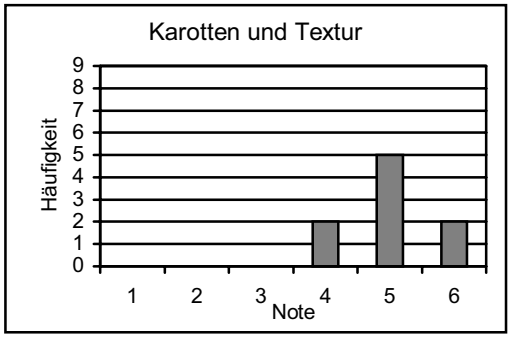



**Abb. A-88: Karotten und Textur**

# Versuchsreihe C

## TK-Broccoli

## A-4.1.23 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von TK-Broccoli

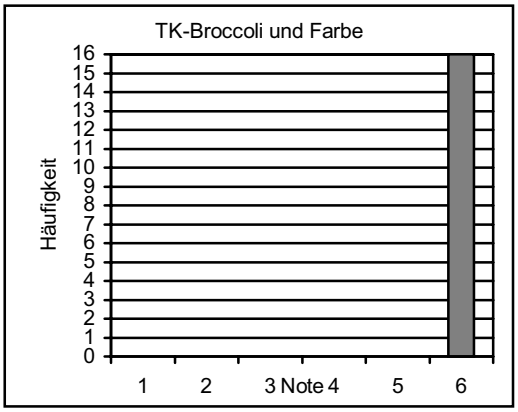



**Abb. A-89: TK-Broccoli und Farbe**

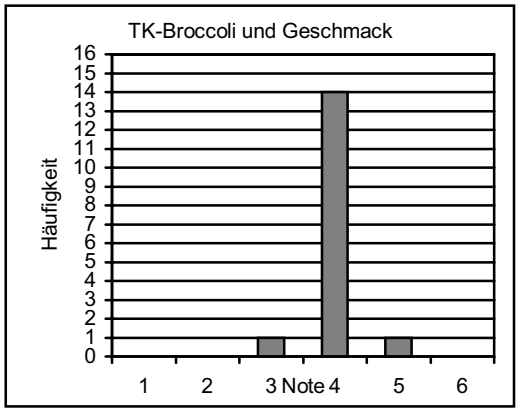



**Abb. A-90: TK-Broccoli und Geschmack**

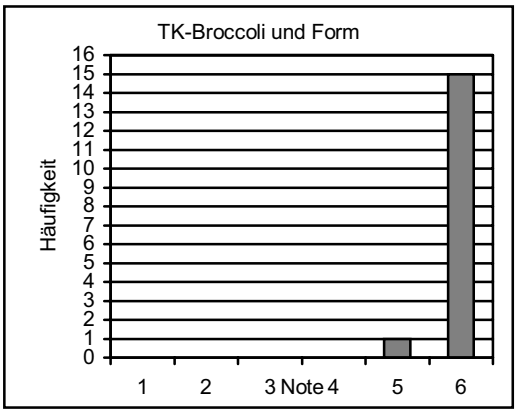



**Abb. A-91: TK-Broccoli und Form**

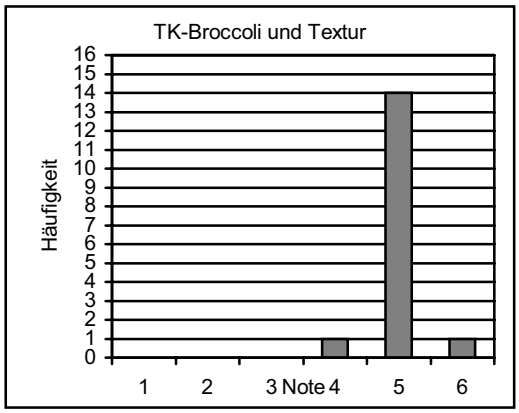



**Abb. A-92: TK-Broccoli und Textur**

## A-4.1.24 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von TK-Broccoli

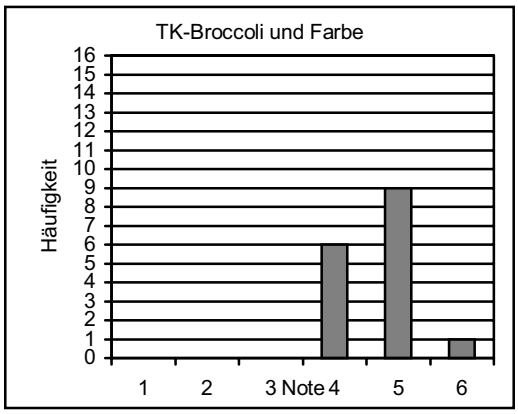



**Abb. A-93: TK-Broccoli und Farbe**

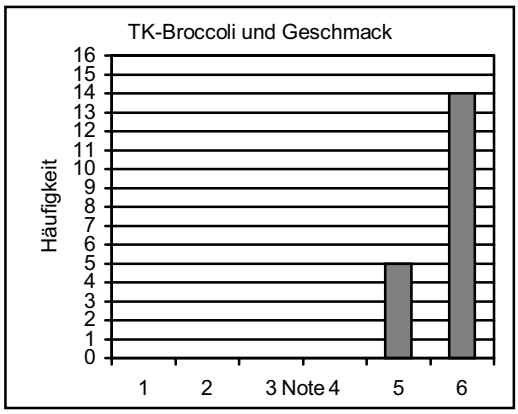



**Abb. A-94: TK-Broccoli und Geschmack**

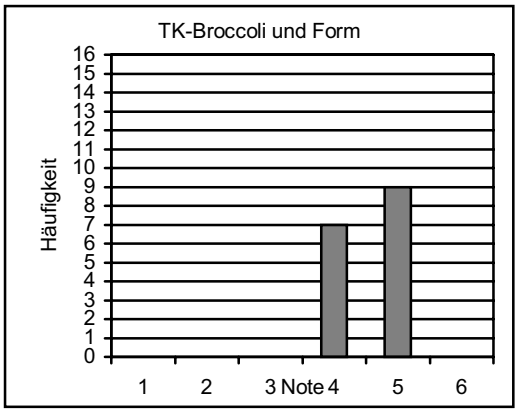



**Abb. A-95: TK-Broccoli und Form**

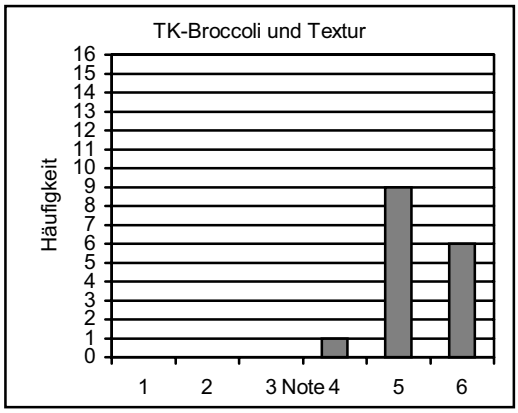



**Abb. A-96: TK-Broccoli und Textur**

## A-4.1.25 Häufigkeitsverteilung beim Garen in der Mikrowelle von TK-Broccoli

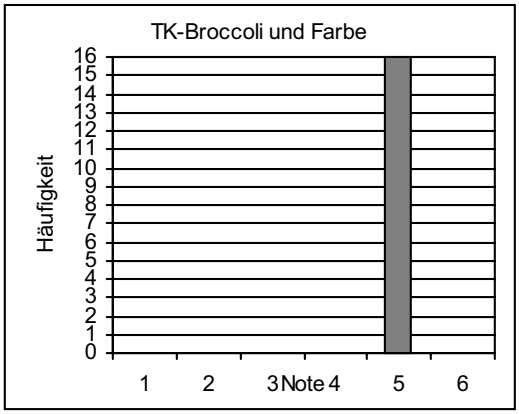



**Abb. A-97: TK-Broccoli und Farbe**

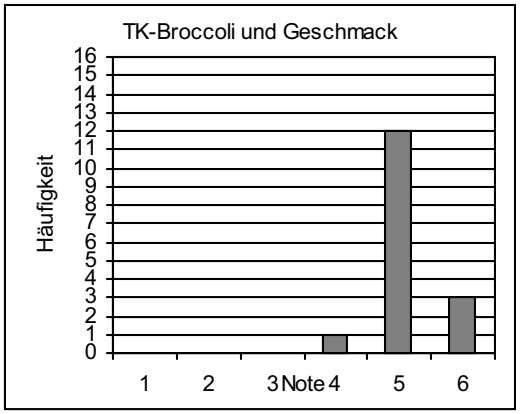



**Abb. A-98: TK-Broccoli und Geschmack**

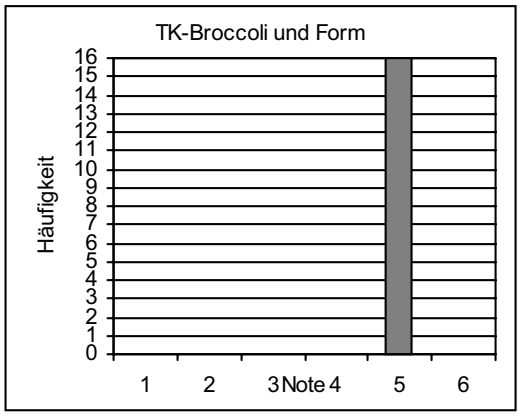



**Abb. A-99: TK-Broccoli und Form**

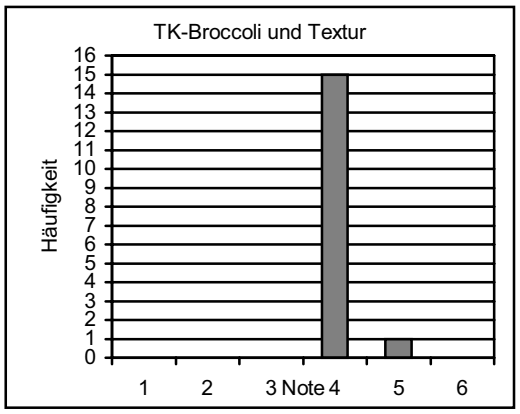



**Abb. A-100: TK-Broccoli und Textur**

## TK-Paprika

## A-4.1.26 Häufigkeitsverteilung beim Kochen von TK-Paprika

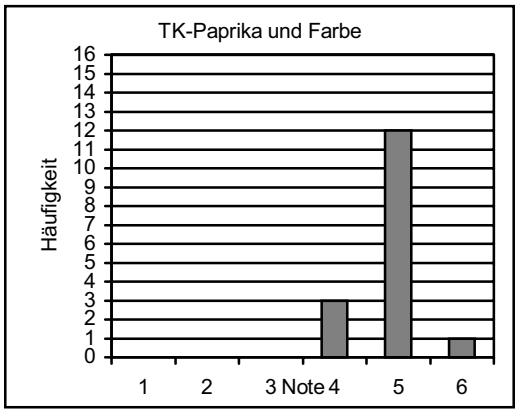



**Abb. A-101: TK-Paprika und Farbe**

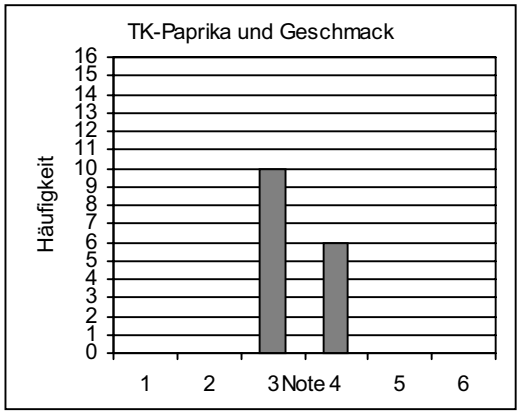



**Abb. A-102: TK-Paprika und Geschmack**

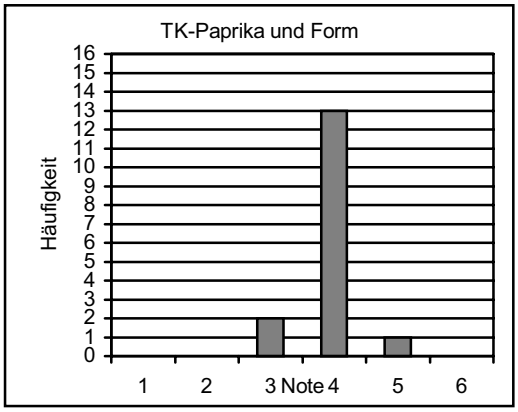



**Abb. A-103: TK-Paprika und Form**

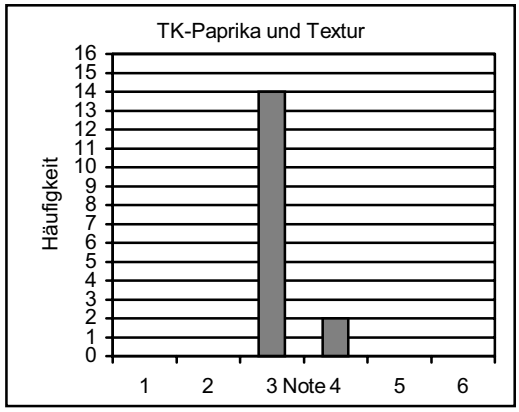



**Abb. A-104: TK-Paprika und Textur**

## A-4.1.27 Häufigkeitsverteilung beim Dämpfen von TK-Paprika

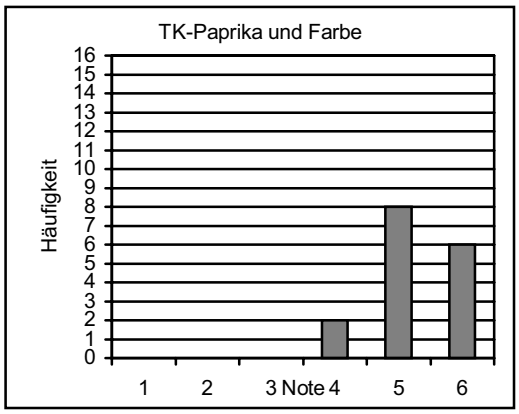



**Abb. A-105: TK-Paprika und Farbe**

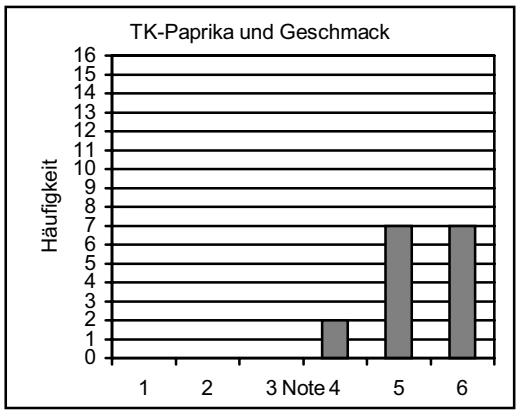



**Abb. A-106: TK-Paprika und Geschmack**

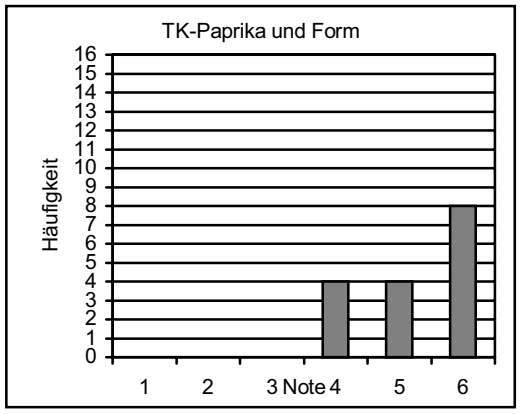



**Abb. A-107: TK-Paprika und Form**

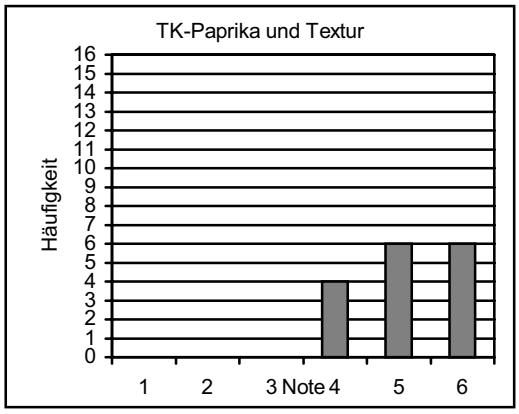



**Abb. A-108: TK-Paprika und Textur**

### A-4.1.28 Häufigkeitsverteilung beim Garen in der Mikrowelle von TK-Paprika

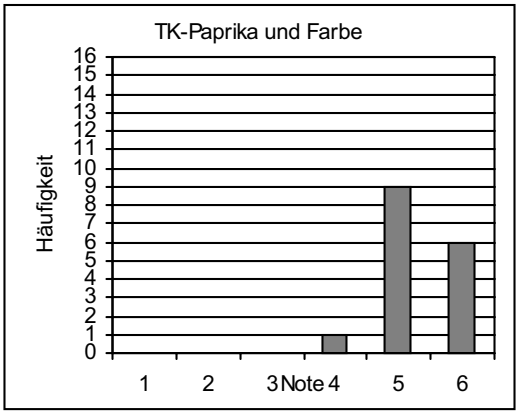



**Abb. A-109: TK-Paprika und Farbe**

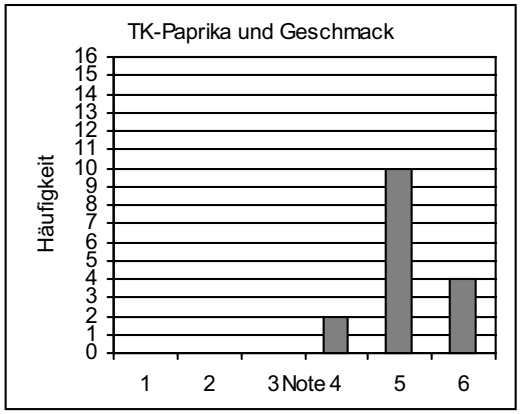



**Abb. A-110: TK-Paprika und Geschmack**

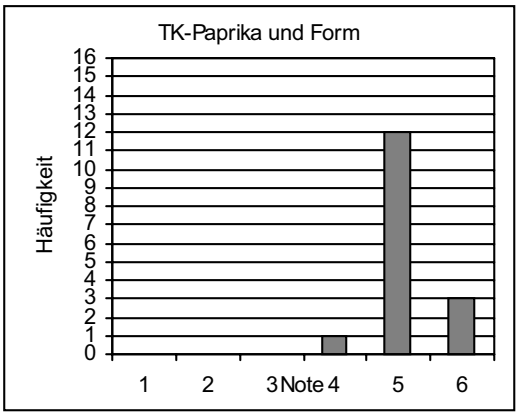



**Abb. A-111: TK-Paprika und Form**

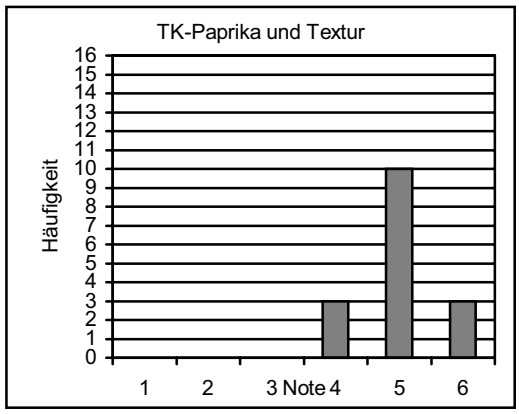



**Abb. A-112: TK-Paprika und Textur**

## *A-4.2 Rangsummen und mittlere Rangplätze*

## Versuchsreihe A

### Broccoli

**Tab. A-35: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Broccoli**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 9,5 | 10,5 | 4,5 | 5,5 | 8,0 |
| | mR | 3,17 | 3,50 | 1,50 | 1,83 | 2,67 |
| Dünsten | Rj | 5,0 | 4,0 | 7,0 | 8,0 | 4,5 |
| | mR | 1,67 | 1,33 | 2,33 | 2,67 | 1,50 |
| Dämpfen | Rj | 8,5 | 10,5 | 11,5 | 8,5 | 12,0 |
| | mR | 2,83 | 3,50 | 3,83 | 2,83 | 4,00 |
| Druck-dämpfen | Rj | 7,0 | 5,0 | 7,0 | 8,0 | 5,5 |
| | mR | 2,33 | 1,67 | 2,33 | 2,67 | 1,83 |

## Paprika

**Tab. A-36: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Paprika**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 3,5 | 5,5 | 3,5 | 3,0 | 3,5 |
| | mR | 1,17 | 1,83 | 1,17 | 1,0 | 1,17 |
| Dünsten | Rj | 8,0 | 7,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 |
| | mR | 2,67 | 2,50 | 2,83 | 2,83 | 2,83 |
| Dämpfen | Rj | 10,5 | 10,0 | 11,0 | 10,5 | 11 |
| | mR | 3,50 | 3,33 | 3,67 | 3,50 | 3,67 |
| Druck-dämpfen | Rj | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 8,0 | 7,0 |
| | mR | 2,67 | 2,33 | 2,33 | 2,67 | 2,33 |

## Karotten

**Tab. A-37: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Karotten**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 9,5 | 6,5 | 5,5 | 7,5 | 7,0 |
| | mR | 3,17 | 2,17 | 1,83 | 2,50 | 2,33 |
| Dünsten | Rj | 4,5 | 8,0 | 10,0 | 9,0 | 9,0 |
| | mR | 1,50 | 2,67 | 3,33 | 3,00 | 3,00 |
| Dämpfen | Rj | 10,5 | 12,0 | 5,5 | 9,5 | 11,0 |
| | mR | 3,50 | 4,00 | 3,50 | 3,17 | 3,67 |
| Druck-dämpfen | Rj | 5,5 | 3,5 | 4,0 | 4,0 | 3,0 |
| | mR | 1,83 | 1,17 | 1,33 | 1,33 | 1,00 |

### Kartoffeln

**Tab. A-38: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Kartoffeln**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 4,0 |
| | mR | 1,33 | 1,67 | 2,00 | 2,33 | 1,33 |
| Dünsten | Rj | 7,0 | 4,0 | 4,0 | 8,0 | 5,5 |
| | mR | 2,33 | 1,33 | 1,33 | 2,67 | 1,83 |
| Dämpfen | Rj | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 5,0 | 8,5 |
| | mR | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 1,67 | 2,83 |
| Druck-dämpfen | Rj | 10,0 | 12,0 | 11,0 | 10,0 | 12,0 |
| | mR | 3,33 | 4,00 | 3,67 | 3,33 | 4,00 |

## Versuchsreihe B

### Paprika

**Tab. A-39: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Paprika**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | mR | 1,33 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CPC 100 | Rj | 5,5 | 6,0 | 7,0 | 7,0 | 6,5 |
| | mR | 1,83 | 2,00 | 2,33 | 2,33 | 2,17 |
| CPC 60 | Rj | 8,5 | 9,0 | 8,0 | 8,0 | 8,5 |
| | mR | 2,83 | 3,00 | 2,67 | 2,67 | 2,83 |

### Karotten

**Tab. A-40: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von Karotten**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 8,5 | 4,0 | 6,0 | 6,0 | 6,5 |
| | mR | 2,83 | 1,33 | 2,00 | 2,0 | 2,17 |
| CPC 100 | Rj | 5,0 | 7,0 | 7,0 | 6,0 | 6,0 |
| | mR | 1,67 | 2,33 | 2,33 | 2,0 | 2,00 |
| CPC 60 | Rj | 4,5 | 7,0 | 5,0 | 6,0 | 5,5 |
| | mR | 1,50 | 2,33 | 1,67 | 2,0 | 1,83 |

# Versuchsreihe C

## TK-Broccoli

**Tab. A-41: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von TK-Broccoli**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 12 | 12 | 4 | 9,5 | 12 |
| | mR | 3,00 | 3,00 | 1,00 | 2,38 | 3,00 |
| Dämpfen | Rj | 4,5 | 4 | 12 | 10,5 | 7,5 |
| | mR | 1,13 | 1,00 | 3,00 | 2,63 | 1,88 |
| Mikrowelle | Rj | 7,5 | 8 | 8 | 4,0 | 4,5 |
| | mR | 1,88 | 2,00 | 2,00 | 1,00 | 1,13 |

## TK-Paprika

**Tab. A-42: Rangsummen (Rj) und mittlere Rangplätze (mR) bei der sensorischen Bewertung von TK-Paprika**

| Garverfahren | | Farbe | Form | Geschmack | Textur | Gesamt-note |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochen | Rj | 4,5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| | mR | 1,50 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,33 |
| Dämpfen | Rj | 9,5 | 10 | 11 | 10 | 10 |
| | mR | 3,17 | 3,33 | 3,67 | 3,33 | 3,33 |
| Mikrowelle | Rj | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 |
| | mR | 3,33 | 3,33 | 3,00 | 3,33 | 3,33 |

# A-5 Vitamin- und Rohaschegehalte

## Versuchsreihe A

### Broccoli

**Tab. A-43: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Broccoli**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbin-säure | ζ-Toco-pherol | η-Carotin all-trans | η-Carotin cis | Roh-asche |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rohware | 1 | 2,0 | 0,34 | 0,05 | 0,02 | 0,74 |
| | 2 | 2,4 | 0,28 | 0,05 | 0,01 | 0,80 |
| | 3 | 2,2 | 0,34 | 0,06 | 0,02 | 0,86 |
| | 4 | 1,1 | 0,26 | 0,03 | 0,02 | 0,85 |
| | 5 | 3,0 | 0,37 | 0,04 | 0,02 | 0,79 |
| | $\bar{x}$ | 2,1 | 0,32 | 0,05 | 0,02 | 0,81 |
| Kochen | 1 | 34,2 | 1,64 | 0,26 | 0,11 | 0,47 |
| | 2 | 36,9 | 1,31 | 0,26 | 0,08 | 0,38 |
| | 3 | 39,3 | 1,65 | 0,33 | 0,10 | 0,41 |
| | 4 | 34,6 | 1,65 | 0,29 | 0,10 | 0,49 |
| | 5 | 36,4 | 1,44 | 0,22 | 0,10 | 0,41 |
| | $\bar{x}$ | 36,3 | 1,54 | 0,27 | 0,10 | 0,43 |
| Dämpfen | 1 | 54,0 | 1,61 | 0,23 | 0,07 | 0,81 |
| | 2 | 61,2 | 1,66 | 0,20 | 0,07 | 0,81 |
| | 3 | 44,2 | 1,31 | 0,22 | 0,08 | 0,84 |
| | 4 | 52,8 | 1,66 | 0,22 | 0,06 | 0,87 |
| | 5 | 56,9 | 1,68 | 0,16 | 0,06 | 0,88 |
| | $\bar{x}$ | 53,8 | 1,58 | 0,21 | 0,07 | 0,84 |
| Druck-dämpfen | 1 | 70,6 | 1,70 | 0,23 | 0,06 | 0,86 |
| | 2 | 76,6 | 1,71 | 0,25 | 0,08 | 0,81 |
| | 3 | 70,4 | 1,62 | 0,30 | 0,10 | 0,88 |
| | 4 | 70,4 | 1,64 | 0,26 | 0,09 | 0,83 |
| | 5 | 69,8 | 1,83 | 0,23 | 0,08 | 0,93 |
| | $\bar{x}$ | 71,6 | 1,70 | 0,26 | 0,09 | 0,86 |
| Dünsten | 1 | 61,8 | 1,61 | 0,29 | 0,11 | 0,88 |
| | 2 | 63,2 | 1,54 | 0,21 | 0,07 | 0,83 |
| | 3 | 58,1 | 1,55 | 0,21 | 0,06 | 0,88 |
| | 4 | 62,6 | 1,68 | 0,23 | 0,08 | 0,86 |
| | 5 | 62,2 | 1,68 | 0,24 | 0,08 | 0,97 |
| | $\bar{x}$ | 61,6 | 1,61 | 0,23 | 0,08 | 0,88 |
| Mikrowelle | 1 | | | | | 0,96 |
| | 2 | | | | | 0,96 |
| | 3 | | | | | 0,83 |
| | 4 | | | | | 0,88 |
| | 5 | | | | | 0,74 |
| | $\bar{x}$ | | | | | 0,87 |

## Paprika

**Tab. A-44: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Paprika**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbin-säure | ζ-Toco-pherol | η-Carotin | | Roh-asche |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 152 | 4,38 | 0,55 | 0,15 | 0,48 |
| | 2 | 153 | 4,49 | 0,62 | 0,21 | 0,51 |
| | 3 | 146 | 3,73 | 0,48 | 0,12 | 0,52 |
| | 4 | 143 | 3,54 | 0,65 | 0,16 | 0,52 |
| | 5 | 134 | 3,51 | 0,59 | 0,17 | 0,56 |
| | $\bar{x}$ | 146 | 3,93 | 0,58 | 0,16 | 0,52 |
| Kochen | 1 | 110 | 3,63 | 0,40 | 0,19 | 0,35 |
| | 2 | 100 | 3,67 | 0,43 | 0,20 | 0,34 |
| | 3 | 104 | 3,84 | 0,34 | 0,16 | 0,38 |
| | 4 | 105 | 3,76 | 0,53 | 0,23 | 0,33 |
| | 5 | 98 | 3,07 | 0,20 | 0,18 | 0,35 |
| | $\bar{x}$ | 103 | 3,59 | 0,38 | 0,19 | 0,35 |
| Dämpfen | 1 | 119 | 3,08 | 0,23 | 0,11 | 0,42 |
| | 2 | 122 | 3,19 | 0,39 | 0,17 | 0,41 |
| | 3 | 134 | 3,57 | 0,30 | 0,11 | 0,48 |
| | 4 | 134 | 3,61 | 0,52 | 0,18 | 0,47 |
| | 5 | 123 | 3,51 | 0,40 | 0,19 | 0,45 |
| | $\bar{x}$ | 126 | 3,39 | 0,37 | 0,15 | 0,44 |
| Druck-dämpfen | 1 | 118 | 4,06 | 0,36 | 0,15 | 0,40 |
| | 2 | 119 | 3,15 | 0,27 | 0,11 | 0,44 |
| | 3 | 125 | 3,99 | 0,40 | 0,15 | 0,48 |
| | 4 | 128 | 3,76 | 0,38 | 0,15 | 0,45 |
| | 5 | 123 | 3,51 | 0,39 | 0,16 | 0,40 |
| | $\bar{x}$ | 123 | 3,70 | 0,36 | 0,14 | 0,43 |
| Dünsten | 1 | 122 | 3,50 | 0,39 | 0,22 | 0,41 |
| | 2 | 127 | 3,48 | 0,45 | 0,19 | 0,36 |
| | 3 | 115 | 3,51 | 0,28 | 0,12 | 0,43 |
| | 4 | 119 | 3,42 | 0,28 | 0,14 | 0,44 |
| | 5 | 114 | 3,35 | 0,33 | 0,15 | 0,39 |
| | $\bar{x}$ | 119 | 3,45 | 0,35 | 0,16 | 0,41 |
| Mikrowelle | 1 | | | | | 0,51 |
| | 2 | | | | | 0,48 |
| | 3 | | | | | 0,46 |
| | 4 | | | | | 0,47 |
| | 5 | | | | | 0,47 |
| | $\bar{x}$ | | | | | 0,47 |

## Karotten

**Tab. A-45: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Karotten**

| Gar-verfahren | Nr. | η-Carotin | | Rohasche |
|---|---|---|---|---|
| | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 2,94 | 0,48 | 0,57 |
| | 2 | 2,50 | 0,35 | 0,64 |
| | 3 | 2,21 | 0,22 | 0,64 |
| | 4 | 2,86 | 0,29 | 0,61 |
| | 5 | 2,97 | 0,30 | 0,62 |
| | $\bar{x}$ | 2,70 | 0,33 | 0,62 |
| Kochen | 1 | 4,14 | 1,09 | 0,39 |
| | 2 | 3,93 | 1,09 | 0,37 |
| | 3 | 4,52 | 1,43 | 0,41 |
| | 4 | 3,26 | 1,01 | 0,39 |
| | 5 | 2,92 | 0,77 | 0,42 |
| | $\bar{x}$ | 3,76 | 1,08 | 0,40 |
| Dämpfen | 1 | 3,01 | 0,75 | 0,58 |
| | 2 | 2,56 | 0,59 | 0,58 |
| | 3 | 2,40 | 0,63 | 0,63 |
| | 4 | 2,97 | 0,62 | 0,57 |
| | 5 | 4,10 | 0,93 | 0,56 |
| | $\bar{x}$ | 3,01 | 0,70 | 0,58 |
| Druck-dämpfen | 1 | 2,04 | 0,58 | 0,50 |
| | 2 | 2,02 | 0,41 | 0,50 |
| | 3 | 1,77 | 0,36 | 0,57 |
| | 4 | 3,13 | 0,79 | 0,50 |
| | 5 | 2,19 | 0,63 | 0,50 |
| | $\bar{x}$ | 2,23 | 0,56 | 0,51 |
| Dünsten | 1 | 3,37 | 0,95 | 0,55 |
| | 2 | 3,78 | 1,07 | 0,58 |
| | 3 | 3,12 | 0,79 | 0,47 |
| | 4 | 3,17 | 0,87 | 0,53 |
| | 5 | 2,22 | 0,59 | 0,60 |
| | $\bar{x}$ | 3,13 | 0,85 | 0,55 |
| Mikrowelle | 1 | | | 0,56 |
| | 2 | | | 0,57 |
| | 3 | | | 0,58 |
| | 4 | | | 0,63 |
| | 5 | | | 0,57 |
| | $\bar{x}$ | | | 0,58 |

## Kartoffeln

**Tab. A-46: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Kartoffeln**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbinsäure | Rohasche |
|---|---|---|---|
| Rohware | 1 | 2,8 | 0,92 |
| | 2 | 2,8 | 0,86 |
| | 3 | 3,1 | 0,84 |
| | 4 | 2,9 | 0,83 |
| | 5 | 4,0 | 0,89 |
| | $\bar{x}$ | 3,1 | 0,87 |
| Kochen | 1 | 17,0 | 0,67 |
| | 2 | 15,7 | 0,73 |
| | 3 | 13,4 | 0,70 |
| | 4 | 17,0 | 0,75 |
| | 5 | 15,1 | 0,71 |
| | $\bar{x}$ | 15,6 | 0,71 |
| Dämpfen | 1 | 18,2 | 0,84 |
| | 2 | 17,1 | 0,89 |
| | 3 | 16,7 | 0,86 |
| | 4 | 18,6 | 0,92 |
| | 5 | 17,4 | 0,92 |
| | $\bar{x}$ | 17,6 | 0,89 |
| Druck-dämpfen | 1 | 16,6 | 0,73 |
| | 2 | 15,9 | 0,76 |
| | 3 | 14,1 | 0,81 |
| | 4 | 17,1 | 0,98 |
| | 5 | 16,9 | 0,81 |
| | $\bar{x}$ | 16,1 | 0,82 |
| Dünsten | 1 | 16,5 | 0,73 |
| | 2 | 18,1 | 0,81 |
| | 3 | 16,8 | 0,84 |
| | 4 | 16,7 | 0,85 |
| | 5 | 18,4 | 0,72 |
| | $\bar{x}$ | 17,3 | 0,79 |
| Mikrowelle | 1 | | 0,87 |
| | 2 | | 0,90 |
| | 3 | | 0,98 |
| | 4 | | 0,93 |
| | 5 | | 0,84 |
| | $\bar{x}$ | | 0,90 |

# Versuchsreihe B

## Paprika

**Tab. A-47: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Paprika**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbin-säure | η-Carotin | | Roh-asche |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 157 | 1,51 | 0,36 | 0,50 |
| | 2 | 141 | 0,92 | 0,22 | 0,50 |
| | 3 | 152 | 1,37 | 0,34 | 0,50 |
| | 4 | 137 | 0,85 | 0,22 | 0,50 |
| | 5 | 135 | 1,00 | 0,21 | 0,50 |
| | $\bar{x}$ | 144 | 1,13 | 0,27 | 0,50 |
| Kochen | 1 | 88 | 0,90 | 0,37 | 0,52 |
| | 2 | 91 | 0,81 | 0,37 | 0,52 |
| | 3 | 87 | 0,63 | 0,29 | 0,44 |
| | 4 | 93 | 0,71 | 0,33 | 0,52 |
| | 5 | 78 | 0,47 | 0,24 | 0,52 |
| | $\bar{x}$ | 87 | 0,70 | 0,32 | 0,50 |
| CPC 100 | 1 | 109 | 0,57 | 0,26 | 0,45 |
| | 2 | 115 | 0,78 | 0,32 | 0,45 |
| | 3 | 117 | 0,80 | 0,34 | 0,45 |
| | 4 | 127 | 0,94 | 0,37 | 0,46 |
| | 5 | 121 | 1,11 | 0,45 | 0,45 |
| | $\bar{x}$ | 118 | 0,84 | 0,35 | 0,45 |
| CPC 60 | 1 | 127 | 0,84 | 0,32 | 0,32 |
| | 2 | 134 | 0,85 | 0,33 | 0,33 |
| | 3 | 131 | 1,07 | 0,37 | 0,37 |
| | 4 | 125 | 1,20 | 0,40 | 0,40 |
| | 5 | 116 | 0,89 | 0,29 | 0,29 |
| | $\bar{x}$ | 127 | 0,97 | 0,34 | 0,34 |

## Karotten

**Tab. A-48: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in Karotten**

| Gar-verfahren | Nr. | η-Carotin | | Rohasche |
|---|---|---|---|---|
| | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 3,16 | 0,44 | 0,80 |
| | 2 | 5,02 | 0,71 | 0,80 |
| | 3 | 4,38 | 0,60 | 0,80 |
| | 4 | 3,15 | 0,58 | 0,80 |
| | 5 | 4,36 | 0,64 | 0,70 |
| | $\bar{x}$ | 4,01 | 0,59 | 0,78 |
| Kochen | 1 | 4,86 | 0,81 | 0,45 |
| | 2 | 4,41 | 0,86 | 0,36 |
| | 3 | 4,19 | 0,76 | 0,46 |
| | 4 | 4,72 | 0,91 | 0,46 |
| | 5 | 3,99 | 0,82 | 0,36 |
| | $\bar{x}$ | 4,43 | 0,83 | 0,42 |
| CPC 100 | 1 | 3,63 | 0,57 | 0,53 |
| | 2 | 2,96 | 0,47 | 0,54 |
| | 3 | 3,62 | 0,65 | 0,45 |
| | 4 | 3,92 | 0,52 | 0,55 |
| | 5 | 3,65 | 0,62 | 0,45 |
| | $\bar{x}$ | 3,56 | 0,57 | 0,50 |
| CPC 60 | 1 | 3,55 | 0,56 | 0,53 |
| | 2 | 3,19 | 0,54 | 0,61 |
| | 3 | 2,75 | 0,53 | 0,68 |
| | 4 | 3,72 | 0,23 | 0,69 |
| | 5 | 2,54 | 0,23 | 0,70 |
| | $\bar{x}$ | 3,15 | 0,42 | 0,64 |

# Versuchsreihe C

## TK-Broccoli

**Tab. A-49: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in TK-Broccoli**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbin-säure | ζ-Toco-pherol | η-Carotin | | Roh-asche |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 45,2 | 1,40 | 0,35 | 0,09 | 0,40 |
| | 2 | 46,4 | 1,30 | 0,37 | 0,10 | 0,50 |
| | 3 | 45,2 | 1,10 | 0,39 | 0,08 | 0,40 |
| | 4 | 47,2 | 1,20 | 0,38 | 0,08 | 0,40 |
| | 5 | 45,3 | 1,30 | 0,35 | 0,10 | 0,40 |
| | $\bar{x}$ | 45,9 | 1,26 | 0,37 | 0,09 | 0,42 |
| Kochen | 1 | 23,3 | 1,11 | 0,32 | 0,07 | 0,24 |
| | 2 | 23,6 | 1,26 | 0,35 | 0,09 | 0,24 |
| | 3 | 22,8 | 1,22 | 0,33 | 0,11 | 0,31 |
| | 4 | 20,6 | 1,17 | 0,30 | 0,07 | 0,31 |
| | 5 | 20,3 | 1,22 | 0,31 | 0,07 | 0,30 |
| | $\bar{x}$ | 22,1 | 1,20 | 0,32 | 0,08 | 0,28 |
| Dämpfen | 1 | 33,0 | 1,37 | 0,27 | 0,07 | 0,46 |
| | 2 | 34,0 | 1,45 | 0,26 | 0,08 | 0,38 |
| | 3 | 34,8 | 1,38 | 0,34 | 0,07 | 0,46 |
| | 4 | 29,1 | 1,37 | 0,27 | 0,06 | 0,46 |
| | 5 | 31,5 | 1,56 | 0,34 | 0,09 | 0,39 |
| | $\bar{x}$ | 32,5 | 1,43 | 0,30 | 0,07 | 0,43 |
| Mikrowelle | 1 | 31,2 | 1,46 | 0,31 | 0,08 | 0,44 |
| | 2 | 32,6 | 1,36 | 0,29 | 0,05 | 0,45 |
| | 3 | 33,4 | 1,38 | 0,25 | 0,07 | 0,46 |
| | 4 | 33,2 | 1,27 | 0,28 | 0,07 | 0,45 |
| | 5 | 30,5 | 1,34 | 0,29 | 0,06 | 0,45 |
| | $\bar{x}$ | 32,2 | 1,36 | 0,28 | 0,07 | 0,45 |

## TK-Paprika

**Tab. A-50: Vitamin- (in mg/100g) und Rohaschegehalte (in g/100g) in TK-Paprika**

| Gar-verfahren | Nr. | Ascorbin-säure | ζ-Toco-pherol | η-Carotin | | Roh-asche |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | all-trans | cis | |
| Rohware | 1 | 132 | 4,20 | 1,00 | 0,24 | 0,70 |
| | 2 | 129 | 4,50 | 0,92 | 0,16 | 0,60 |
| | 3 | 119 | 4,20 | 0,88 | 0,21 | 0,60 |
| | 4 | 115 | 5,20 | 0,84 | 0,17 | 0,50 |
| | 5 | 120 | 4,30 | 0,87 | 0,14 | 0,50 |
| | $\bar{x}$ | 123 | 4,48 | 0,90 | 0,18 | 0,58 |
| Kochen | 1 | 43,8 | 4,56 | 0,71 | 0,28 | 0,22 |
| | 2 | 47,5 | 3,71 | 0,70 | 0,24 | 0,23 |
| | 3 | 45,8 | 4,34 | 0,72 | 0,30 | 0,22 |
| | 4 | 45,4 | 4,18 | 0,69 | 0,30 | 0,22 |
| | 5 | 46,4 | 4,53 | 0,61 | 0,23 | 0,22 |
| | $\bar{x}$ | 45,8 | 4,26 | 0,68 | 0,27 | 0,22 |
| Dämpfen | 1 | 83,9 | 3,98 | 0,78 | 0,25 | 0,37 |
| | 2 | 80,4 | 4,06 | 0,66 | 0,22 | 0,37 |
| | 3 | 85,4 | 4,61 | 0,91 | 0,34 | 0,37 |
| | 4 | 85,4 | 4,63 | 0,82 | 0,32 | 0,36 |
| | 5 | 81,3 | 4,18 | 0,71 | 0,27 | 0,36 |
| | $\bar{x}$ | 83,3 | 4,29 | 0,78 | 0,28 | 0,37 |
| Mikrowelle | 1 | 93,6 | 4,75 | 0,80 | 0,17 | 0,43 |
| | 2 | 83,1 | 4,48 | 0,63 | 0,16 | 0,36 |
| | 3 | 85,9 | 4,89 | 0,62 | 0,14 | 0,35 |
| | 4 | 75,7 | 4,57 | 0,81 | 0,21 | 0,36 |
| | 5 | 84,1 | 4,56 | 0,74 | 0,17 | 0,35 |
| | $\bar{x}$ | 84,5 | 4,65 | 0,72 | 0,17 | 0,37 |

# Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Elmar Schlich für die Überlassung des Themas und die intensive Betreuung während der Erstellung der Arbeit sowie bei Herrn Prof. Dr. Hubertus Brunn für die Übernahme des zweiten Gutachtens und die Möglichkeit einen Teil der Analysen im Staatlichen Untersuchungsamt Hessen durchzuführen.

Den Firmen Imperial, Miele und Rational danke ich für ihre finanzielle Unterstützung und die Bereitstellung der Geräte.

Mein Dank gilt weiterhin Frau Dr. Michaela Ziems sowie den Diplomandinnen Helen Podestat, Katrin Reiss und Andrea Böcking, die ebenfalls alle ihren Teil zum gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Instituts für Landtechnik für ihre Hilfsbereitschaft und die angenehme Arbeitsatmosphäre bedanken.

Mein Dank gilt auch Heinz Bernhardt und meinen Eltern für alles was sie während der Erstellung meiner Arbeit für mich getan haben.

# Lebenslauf

| | |
|---|---|
| **Name:** | Simone Loh |
| **Geburtstag:** | 2. Juli 1975 |
| **Geburtsort:** | Wetzlar |

**Schulausbildung:**

| | |
|---|---|
| 1986-1992 | Gesamtschule Rechtenbach |
| 1992-1995 | Goetheschule Wetzlar |
| 09.06.1995 | Abitur |

**Studium:**

| | |
|---|---|
| WS 1995/96 | Studium der Haushalts- und Ernährungswissenschaften |
| bis SS 2000 | an der Justus-Liebig-Universität Gießen |
| 02.10.2000 | Diplomprüfung „Fachrichtung Ernährungswissenschaft“ |
| 15.09.2000 | Zusatzprüfung „Produktions- und Qualitätsmanagement“ |

**Berufstätigkeit:**

| | |
|---|---|
| seit 01.01.2001 | wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Haushaltstechnik der Justus-Liebig-Universität Gießen |

**Lehrtätigkeit:**

| | |
|---|---|
| WS 2001/02 | Lehrauftrag für das Fach |
| bis SS 2003 | „Fachpraxis Lebensmittelzubereitung“ |
| | an der Universität Koblenz-Landau |