

# Grünkohl – Ein zu wenig beachtetes Gemüse

## Der Ursprung von Kohl und seiner Vielfalt



Unsere Autoren: Prof. Dr. Dirk C. Albach (rechts), Vera Mageney, Christoph Hahn (links), Univ. Oldenburg, dirk.albach@uni-oldenburg.de

Die Geschichte des Kohls (*Brassica oleracea*) beginnt vor ca. 3000 Jahren in Griechenland. Aus einer großblättrigen, bitteren Staude züchten Griechen eine Vielzahl unterschiedlicher Gemüsesorten. Zunächst als Viehfutter und Arme Leute-Essen

verwendet, steigt die Pflanze vermutlich durch Züchtung milderer Sorten in der Gunst der Bevölkerung und wird zum Beispiel von Dioskorides und Hippokrates als Heilpflanze genannt (Dierbach 1824). Neue Sorten entstanden entweder durch Kreuzung oder neue

Mutationen. Griechische Siedler in Sizilien nutzten zum Beispiel eine Mutante, die die Blütenentwicklung hemmte, um süße, unterentwickelte Blütenstände zu essen, die man später Brokkoli nennen würde. Insbesondere Mutationen der Blätter standen im Zentrum der Züchtung und regten schon Darwin zu Spekulationen über die Evolution des Gemüsekohls an (Darwin 1909). Bereits Plinius erwähnte Kohlpflanzen, deren Blätter stark gekräuselt waren. Diese sind jedoch nicht unbedingt mit unserem heutigen Wirsing oder Grünkohl gleichzusetzen. Der erste Beweis für die Existenz von Grünkohl in der heutigen Form stammt aus dem 15. Jahrhundert aus der Bretagne. Leider ist bei allen morphologischen Beschreibungen nichts über die Inhaltsstoffe der antiken Sorten bekannt. Auch über die medizinische Verwendung ist wenig bekannt. Es ist also unklar, in wie weit auch die Inhaltsstoffe Teil der Züchtung waren.

Welche chemische Vielfalt neben der morphologischen Vielfalt im Gemüsekohl vorhanden ist, haben erst moderne chemische Analysen gezeigt. Dabei ist zu beachten, dass Gemüsekohl nicht nur die bekannten Varietäten wie Brokkoli, Blumen-, Kohlrabi, Kopf- (Weiß- und Rotkohl, Wirsing), Grün- und Rosenkohl umfasst, sondern insgesamt 16 Varietäten zu denen auch Tronchuda, Blattkohl,



Abb. 1: Zehn verschiedene Grünkohl-Sorten (inklusive Palmkohl, rechts) als Beispiel für die Blattformenvielfalt

Schwarzkohl und Zierkohl gehören (Gladis & Hammer 2003). Und jede dieser Varietäten enthält eine Vielzahl von Sorten und Landrassen, die sich wieder chemisch deutlich voneinander unterscheiden können. Dabei ist jedoch wegen der Vielfalt an Sorten und wegen häufigen Kreuzungen zwischen Varietäten die Abgrenzung zu anderen Kohlvarietäten (umgangssprachlich fälschlich „Kohlarten“) anhand des Aussehens nicht immer klar. Gleiches gilt auch für die Abgrenzung von Wildarten. So geht man heute davon aus, dass der Wildkohl an der Atlantik- und Nordseeküste kein echter Wildkohl sondern eine verwilderte Kohlform ist.

### Die Vielfalt des Grünkohls

Grünkohl in seiner heutigen Form repräsentiert eine Gruppe von Pflanzen, die innerhalb des Gemüsekohls charakterisiert ist durch die stark gekräuselten Blätter. Innerhalb von Grünkohl kennen wir über 100 Formen, die teils Landrassen, teils Zuchtsorten bezeichnen, wobei jedoch nur ca. 10 Sorten Sortenschutz genießen (Abb. 1). Es existieren aber sicher noch viele weitere Sorten, die Landwirte selber gezüchtet haben ohne sie speziell weiter zu vermarkten (z.B. Agrinova, Vechta). Sorten des Grünkohls unterscheiden sich im Grad der Kräuselung, der Blattgröße, der Wuchshöhe und -form, der Frosthärte und der Blattfarbe. Zusätzlich gibt es noch eine Menge anderer Merkmale, in denen sich Sorten unterscheiden, die aber bisher noch nicht untersucht wurden. Dies nachzuholen haben wir uns in unserer Arbeitsgruppe zur Aufgabe gemacht. Der Grünkohl im engeren Sinne scheint traditionell und heute noch vornehmlich auf die Küste von Atlantik bis Ostsee zwischen Bretagne und Polen und im Hinterland bis in die Mittelgebirge beschränkt zu sein. In Niedersachsen, wo 40% der deutschen Erntemenge angebaut wird, wurden 2015 7650t Grünkohl von 514 ha geerntet. Damit nimmt Grünkohl unter den angebauten Kohlgemüsen mit 10% der Erntemenge auf 18% der Anbaufläche von Kohl einen eher untergeordneten Rang ein. Dies liegt vor allem am geringeren Ertrag pro Hektar im Vergleich zu anderen Kohlvarietäten. Dabei zeigen unsere Untersuchungen (Hahn & Albach 2013) jedoch, dass die Züchtung hier entscheidend die Wachstumsgeschwindigkeit und Bi-

omasse des Grünkohls gesteigert hat. Besonders stechen dabei moderne Hybrid-Sorten hervor. Auch die Trockenresistenz ist während der Züchtung offenbar verbessert worden, was ebenso wie die historischen Untersuchungen darauf hinweist, dass Grünkohl auf die Küstenregionen mit regelmäßiger Wasserversorgung und mildem Frost angepasst ist.

Die feste Anhängerschaft, die tiefe Verwurzelung in der Tradition der Norddeutschen und die breite Anwendungsmöglichkeit in der Küche sowie die bekannten guten Eigenschaften für eine gesunde Ernährung im Vergleich mit anderen Kohlvarietäten erklären, weshalb wir einen genaueren Blick auf dieses Gemüse geworfen haben. Dabei interessieren uns neben möglichen Neuzüchtungen vor allem die Entdeckung interessanter Eigenschaften unbekannter Sorten. Neben den vielen Varietäten gibt es noch eine Reihe Wildarten, die mit Gemüse Kohl generell und speziell Grünkohl kreuzbar sind. Die meisten verwandten Wildarten befinden sich im Mittelmeerraum, wo die Kultur des Gemüsekohls begann. Solche Wildarten wie z.B. *Brassica villosa* wurden bereits erfolgreich für die Neuzüchtung von Brokkoli-Sorten mit erhöhten Gehalten gesunder Inhaltsstoffe verwendet.

### Die gesunden Inhaltsstoffe oder: Warum Grünkohl so gesund ist

Welche Inhaltsstoffe sind es nun, die den Gemüse Kohl und gerade den Grünkohl so interessant machen, dass selbst McDonalds damit gegen das Junk-Food-Image kämpft? Zunächst ist hier der geringe Fettgehalt und damit geringe Kaloriengehalt von Grünkohl zu nennen. Wichtiger ist jedoch, was in bedeutender Menge in den Pflanzen vorhanden ist.

Es ist festzuhalten, dass es nicht nur einen Stoff gibt, der hier wichtig ist, sondern mehrere und nach Varietät und Sorte unterschiedliche. Allgemein geht es dabei um die Glucosinolate (Senfölglykoside), Flavonoide, Carotenoide, Vitamin C und Mineralien. Insbesondere die ersten drei Gruppen stehen dabei im Fokus unserer Untersuchungen.

Glucosinolate sind schwefelhaltige Abkömmlinge von Aminosäuren, die fast ausschließlich in Kreuzblütlern (*Brassicaceae*) und wenigen verwandten Familien vorkommen. Sie sind entscheidend

für den scharfen Geschmack von Kresse, Senf, Meerrettich und Kohl und dienen den Pflanzen zur Abwehr von Fraßfeinden. Man kennt bisher mehr als 100 verschiedene Glucosinolate, die man in aliphatische, indolische und aromatische Glucosinolate einteilt – je nachdem von welcher Aminosäure sie abgeleitet werden. Circa 20 verschiedene Glucosinolate sind in Kohl bekannt.

Glucosinolate sind in verschiedenen Studien in Verbindung mit einem geringeren Krebsrisiko gebracht worden (Herr & Büchler 2010). Dabei sind es nicht die Glucosinolate direkt, die die krebsvorbeugende und -hemmende Wirkung haben, sondern deren Abbauprodukte, die Isothiocyanate und Thiocyanate. Diese greifen in frühe Stadien der Krebsentstehung ein und hemmen dessen weitere Entwicklung. Sie entstehen ebenso wie Nitrile aus Glucosinolaten durch enzymatische Spaltung. Das verantwortliche Enzym, Myrosinase, kommt in der Pflanze räumlich getrennt von den Glucosinolaten vor und ist auch in menschlichen Darmbakterien vorhanden. Welche Abbauprodukte aus dem Glucosinolat entstehen, hängt von verschiedenen Faktoren wie pH-Wert, Temperatur, Lagerung und Konservierungsverfahren ab. Isothiocyanate entstehen vor allem bei neutralem bis basischem pH, Nitrile im sauren Bereich. Hohe Temperatur (z.B. Kochen, Mikrowelle) und Lagerung bei Raumtemperatur führt allgemein zu einer starken Abnahme des Glucosinolat-Gehaltes, insbesondere durch Auslaugung. Zusätzlich zu den krebsvorbeugenden Eigenschaften wirken Glucosinolate auch positiv auf die Verdauung.

Es sind jedoch nicht alle Glucosinolate gleich krebsvorbeugend. Wir haben daher mit Hilfe von HPLC-qTOF-MS (Bruker Impact HD qTOF Massenspektrometer gekoppelt mit einem Agilent 1260 series HPLC-System) vor allem die aliphatischen Glucosinolate Glucoraphanin und Sinigrin, aber auch indolische Glucosinolate wie Glucobrassicin untersucht. Es ist bekannt, dass bis zu 1% der Trockenmasse von Kohl aus Glucosinolaten besteht. Bis zu 200 Milligramm krebsvorbeugende Glucosinolate können in 100 Gramm Grünkohl stecken. Das ist bis zu zehnmal mehr als in Broccoli. Der Gehalt an Glucosinolaten hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab. Stress wie Trockenheit, Fraß oder geringe Düngung erhöhen die Gehalte. Sämlinge und

junge Blätter enthalten mehr Glucosinolate als andere Organe. Diese Variation überlagert die sortenabhängige Variation, die insbesondere bei Glucoraphanin im Grünkohl sehr hoch ist. Bei manchen Sorten fällt der Glucoraphanin-Gehalt höher aus als der höchste von Brokkoli bekannte Gehalt, bei anderen Grünkohl-sorten fehlt das Glucosinolat komplett (Hahn et al. 2016). Allgemein sind bei Grünkohl im Vergleich zu anderen Kohl-varietäten indolische Glucosinolate wie Glucobrassicin in größerer Menge vorhanden, bittere und im ersten Fall als schädlich bezeichnete Progoitrin und Gluconapin aber sind gering konzentriert (Hahn et al. 2016).

Flavonoide sind eine sehr reichhaltige Stoffgruppe mit einer Vielzahl von Funktionen in der Pflanze. Hierzu zählen vor allem UV-Schutz und als Radikalfänger aber auch der Pigmentierung, die Abwehr von Pathogenen und die Funktion als Kofaktor verschiedener Enzyme. Als Radikalfänger sind sie auch für die menschliche Ernährung wichtig. Die in Kohl vorkommenden Flavonoide haben auch verschiedene andere positive Wirkungen. Flavone wie Apigenin wirken als antibakterielle und entzündungshemmende Stoffe. Cyanidine spielen als die Nerven vor Giften schützende und krebsvorbeugende Stoffe eine Rolle. Isoflavone sind interessant als cholesterolsenkender Inhaltsstoff. Letztlich ist von Quercetin und Kaempferol bekannt, dass sie einen präventiven Einfluss auf koronare Herzerkrankungen haben. Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher

Stoffe und methodischer Unterschiede in den Analyseverfahren ist der Vergleich verschiedener Studien schwierig. So sind varietäten- und sortenspezifische Unterschiede zwar bekannt, inwiefern aber Umweltparameter wie Klima, Herbivorie und Nährstoffversorgung nicht einen mindestens ebenso großen Einfluss auf die Flavonoidmenge haben, ist noch nicht ausreichend untersucht. Allerdings ist bekannt, dass Sprösslinge den prozentual zum Gesamtgewicht höchsten Flavonoidgehalt haben und sich auch in älteren Teilen der Pflanze hohe Mengen akkumulieren können. Zumindest für Quercetin und Kaempferol haben wir mittels HPLC (Serie 1100, Agilent Technologies) und Ionenfallen-Massenspektrometer (amaZon SL, Bruker Daltonics,) nachweisen können, dass Sortenunterschiede im Grünkohl mit zwischen 8 und 20mg pro Gramm Trockengewicht erheblich sein können (Mageney et al. 2017).

Carotenoide sind am besten bekannt für die durch sie verursachte Rotfärbung von Blüten oder Möhren. In Pflanzen sind sie wichtige Antioxidantien, die der Pflanze bei zu viel Licht aber auch anderem Stress helfen (wie z.B. Trockenheit). Ihre wichtigste Eigenschaft ist dabei das Abfangen von Radikalen. Diese Eigenschaft macht sie auch für die menschliche Ernährung interessant (z.B. Fiedor & Burda 2014). Insbesondere als Vorstufe zu Retinol (Vitamin A) und als überschüssiges Licht im Auge abfangende Moleküle sind sie bekannt; aber auch als Mittel gegen Makuladegeneration (Lutein) und sogar gegen Krebs ( $\beta$ -Carotene) werden sie ein-



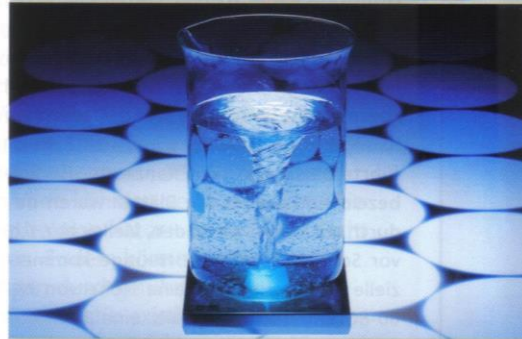
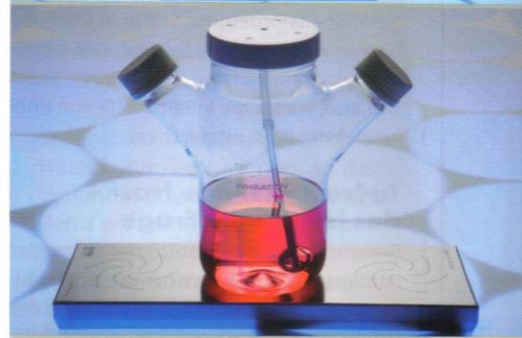
Abb. 2: UHPLC (1290 Infinity, Agilent Technologies) und QToF LC/MS (6230, Agilent Technologies), die für die Analyse der Carotenoide verwendet wurden (Bild von Dr. Susanne Baldermann, IGZEV, Großbeeren)

# 2mag

magnetic motion

## Bewährte Konzepte - Innovative Produkte

- ⌚ 100% verschleiß- und wartungsfrei
- ⌚ Konstruiert für den Dauerbetrieb
- ⌚ Rührvolumen von 1 ml bis 1.000 Liter
- ⌚ Mehrstellenrührer bis 96 Rührstellen
- ⌚ Tauchbare Magnetrührer



- ⌚ Temperaturbeständig bis +200 °C
- ⌚ Sonderanfertigungen auf Anfrage
- ⌚ 3 Jahre Gewährleistung
- ⌚ Made in Germany

magnetic motion

**2mag AG**  
 Schragenhofstr. 35 I-K  
 80992 München  
 Deutschland  
 Tel.: +49 (89) 38 15 31 10  
 Fax: +49 (89) 14 33 43 69  
 info@2mag.de  
 www.2mag.de

gesetzt (Krinsky & Johnson 2005). Speziell die beiden letztgenannten dominieren in Brassica-Arten. Unsere Untersuchungen mit UHPLC (1290 Infinity, Agilent Technologies) und QToF LC/MS (6230, Agilent Technologies; Abb. 2) zeigten, dass vor allem Neoxanthin und Zeaxanthin als Reaktion auf Frost produziert werden, wobei Palmkohl eher Ersteres, Grün- und Blattkohl eher Letzteres bildet. Besonders die rotbelaubten Grünkohlsorten (z.B. Redbor) sind eine reichhaltige Quelle für Carotenoide (Mageney et al. 2016).

Neben diesen drei Stoffgruppen sind jedoch auch die Vitamine und Mineralien von Grünkohl besonders wichtig. So gehört Grünkohl (neben Brokkoli und Rosenkohl) zu den sieben besten Vitamin C-Versorgern, die in Deutschland angebaut werden. Er enthält im Mittel etwa doppelt so viel Vitamin C wie eine Zitrone und reicht fast an den Gehalt einer Paprika, das Vitamin C-reichste Gemüse. Sortenspezifische Untersuchungen bei Grünkohl fehlen jedoch bisher. Letztlich gibt es noch eine Vielzahl anderer potentiell gesundheitsfördernder Stoffe in Kohl, die bislang wenig untersucht sind, wie z.B. S-methylcystein sulfoxid (SMCSO). Es lohnt sich also, weiter die Inhaltsstoffe von Kohl vergleichend zu untersuchen.

### To frost or not to frost – das ist hier die Frage

Braucht Grünkohl Frost? Das ist eine der häufigsten Fragen, die einem als Grünkohl-Forscher gestellt wird. Die Assoziation des Grünkohls mit Frost und Saisongemüse ist sicher traditionellen Ursprungs. Grünkohl war früher ein Wintergemüse, weil es auch im Winter grün war und der Küche frisch geerntet zur Verfügung stand. Der früher häufigere hohe Wuchs von bis zu 2,50 m führte dazu, dass die Pflanze als „Palme“ bezeichnet wurde. Die Blätter waren dadurch vor Tieren am Boden, vielleicht auch vor Schnee, geschützt. Heutige kommerzielle Sorten sind auf eine Höhe von ca. 60-80 cm gezüchtet, um eine leichtere maschinelle Ernte zu ermöglichen. Die Ernte erfolgt dann auch häufig schon im Spätsommer, um rechtzeitig zur Saison im Tiefkühlregal zu liegen. Kalte Temperaturen oder Frost sind für den Geschmack des Grünkohls jedoch in mehrerer Hinsicht vorteilhaft, wenn auch nicht unbedingt bei typischer Zubereitung mit langem Kochen. Temperaturen unter 5°C führen zu einem verlangsamten Stoffwechsel und

der wiederum führt zu einer Umwandlung von Stärke in lösliche Zucker. Dabei ist vor allem Sukrose entscheidend, die wegen ihrer Osmolarität einen besseren Frostschutz bietet (Fu et al. 1999). Durch den verlangsamten Stoffwechsel bei niedrigeren Temperaturen kommt es auch zu einem verlangsamten Abbau der Zucker, wodurch sich diese im Blatt anreichern. Gleichzeitig werden Frostschutz-Stoffe wie bestimmte Flavonoide und Carotenoide gebildet. Außerdem ist anzunehmen, dass weniger Glucosinolate gebildet werden, weil der Fraßbefall bei niedrigen Temperaturen geringer ist. Es gibt diesbezüglich jedoch widersprüchliche Ergebnisse in der Fachliteratur mit der Vermutung, dass Glucosinolate auch am Frostschutz beteiligt sein könnten. Alternativ kann es hier sortenspezifische Unterschiede der an verschiedene geographische Regionen angepassten Pflanzen geben. Inwiefern diese geschmacksverbessernden Frostschutz-Stoffe auch in der Tiefkühlruhe gebildet werden, ist nicht hinreichend bekannt.

Es ist bei solchen Untersuchungen schwierig, alle Kovariablen zu berücksichtigen. So ist bekannt, dass der Gehalt an Inhaltsstoffen nicht nur von Genotyp und Temperatur, sondern auch von Schädlingsbefall, Entwicklungszustand, Pflanzenorgan, Nährstoffversorgung, Licht, Wasser und pH-Wert des Bodens abhängt. Die Analyse verschiedener Sorten unter parallelen Bedingungen verspricht daher weiterhin neue Erkenntnisse. Ein großes Potential liegt auch in der vergleichenden genomischen und transkriptomischen Analyse von Sorten, die erst mit jüngsten Methoden der Hochdurchsatz-Sequenzierung finanziell attraktiv wurde.

Aufgrund dieser Ausführungen ist verständlich, weshalb Grünkohl neuerdings nicht nur von uns verstärkt wissenschaftlich untersucht wird und rechtfertigt in gewissem Rahmen den Hype, den Grünkohl derzeit erfährt. Teil dieses Erfolges ist die Verwendung von Grünkohl als variabler Bestandteil der Ernährung nicht nur als lang gekochtes Gemüse, sondern beispielsweise als Salat oder Pizzabelag, verarbeitet zu Chips oder als Bestandteil in verschiedenen anderen Rezepten bis hin zu Pralinen.

#### Literatur

[1] Darwin, C. (1909) *The foundations of the origin of species*. Cambridge University Press, Cambridge, 263 pp.

- [2] Dierbach, J.H. (1824) *Die Arzneimittel des Hippokrates, oder Versuch einer systematischen Aufzählung der in allen hippokratischen Schriften vorkommenden Medikamenten*. Neue Akademische Buchhandlung von Karl Groos, 270 pp.
- [3] Fiedor, J. & Burda, K. (2014) Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*, 6: 466.
- [4] Fu, P., Singh, J., Keller, W. & McGregor, I. (1999) Sucrose content and freezing tolerance of Brassica napus canola (rapeseed) seedlings overexpressing an Escherichia coli inorganic pyrophosphatase. In: 10th international rapeseed congress, Australia.
- [5] Gladis, T. & Hammer, K. (2003) Die Brassica-oleracea-Gruppe. In: A. Emmerling-Skala (Ed). *Verein zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt, Lennestadt*.
- [6] Hahn, C. & Albach, D.C. (2013) Der Vergleich verschiedener Sorten des Grünkohls. *Oldenburger Jahrbuch*, 113: 237-256.
- [7] Hahn, C., Müller, A., Kuhnert, N. & Albach, D.C. (2016) Diversity of kale (Brassica oleracea var. sabellica): glucosinolate content and phylogenetic relationships. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64: 3215-3225. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01000>
- [8] Herr, I. & Büchler, M.W. (2010) Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: implications for prevention and therapy of cancer. *Cancer Treatment Reviews*, 36: 377-383.
- [9] Krinsky, N.I. & Johnson, E.J. (2005) Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 26: 459-516. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.mam.2005.10.001>
- [10] Mageney, V., Baldermann, S. & Albach, D.C. (2016) Intraspecific variation in carotenoids of Brassica oleracea var. sabellica. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64: 3251-3257. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00268>
- [11] Mageney, V., Neugart, S. & Albach, D.C. (2017) A guide to the variability of flavonoids in Brassica oleracea. *Molecules*, 22: 252.