

# Getreideballaststoffe – Nur Ballast oder mehr?

Wie Getreideballaststoffe vor  
Darmkrebs schützen können

Jürgen Hollmann und  
Meinolf G. Lindhauer (Detmold),  
Michael Gleis und Beatrice Pool-Zobel (Jena)

Vollkornbrot gilt in vielerlei Hinsicht als gesund. Neben Nährstoffen wie Stärke, Proteinen, ungesättigten Fettsäuren und Vitaminen enthalten Getreideprodukte – vor allem die aus Vollkorn – einen hohen Anteil an Ballaststoffen. Gerade diese Stoffe spielen für die Gesundheitsprävention eine bedeutende Rolle. So können sie unter anderem dazu beitragen, vor Dickdarmkrebs zu schützen, wie Forscher der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL) jetzt in einem Gemeinschaftsprojekt herausgefunden.

Aus heutiger Sicht verdienen Ballaststoffe ihren Namen zu Unrecht: Auch wenn sie nicht als Nährstoffe vom Organismus aufgenommen werden, sind sie doch kein unnützer Ballast. Seit langem ist bekannt, dass sie unter anderem die Verdauung unterstützen. Regelmäßig und in ausreichenden Mengen verzehrt, können sie auch das Risiko senken, an Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Erkrankungen des Verdauungstraktes zu leiden. Eine ballaststoffreiche Ernährung wird daher empfohlen.

Ob bestimmte Ballaststoffe auch vor Dickdarmkrebs schützen, wird seit geraumer Zeit kontrovers diskutiert. Einige große epidemiologische Studien und neue Erkenntnisse über die biochemische Wirkung von Getreideballaststoffen im Dickdarm, über die hier berichtet wird, sprechen aber dafür.

Dickdarmkrebs ist in Deutschland bei beiden Geschlechtern die zweithäufigste Krebserkrankung und damit der wichtigste Krebs im Magen-Darmtrakt. Etwa 70 % aller Darmkrebsfälle gelten als ernährungsbedingt und könnten somit durch eine bewusste Gestaltung der Ernährung verhindert werden. Auch hier scheinen ballaststoffhaltige Lebensmittel eine wichtige Rolle zu spielen.

## Was sind Ballaststoffe?

Die American Association of Cereal Chemists hat den Begriff Ballaststoffe 2001 wie folgt definiert: „Ballaststoffe sind die essbaren Bestandteile von Pflanzen oder vergleichbare Kohlenhydrate, die im menschlichen Dünndarm nicht verdaulich und nicht resorbierbar, aber vollständig oder teilweise im Dickdarm fermentierbar sind. Sie umfassen Substanzen wie Polysaccharide, Oligosaccharide, Lignin und assoziierte Substanzen. Ballaststoffe haben günstige Wirkungen einschließlich Laxation (= Abführen) und/oder Normalisierung der Cholesterin- und Glucosespiegel im Blut“.

Ballaststoffe sind damit pflanzliche Inhaltsstoffe, die den menschlichen Dünndarm passieren und durch die Peristaltik des Darms unverdaut in den Dickdarm gelangen. Dort werden sie von der mikrobiellen Darmflora bei Abwesenheit von Sauerstoff ganz oder teilweise abgebaut. Bei diesen Vorgängen entstehen kurzkettige Fettsäuren wie Acetat, Propionat und Butyrat. Butyrat dient der Ernährung der Darmwandzellen und vermag, zumindest in Zellkultur, das Wachstum von Darmtumorzellen zu hemmen und solche Zellen durch Einleitung des programmierten

Zelltodes („Apoptose“) zu eliminieren. So genannte präbiotische Ballaststoffe wie das Inulin führen zu einem gesteigerten Wachstum von Bifidobakterien und Lactobacillen, die als „günstige“ Darmbakterien das Überleben anderer, weniger günstiger Keime verhindern. Inwiefern diese Wirkungen im Einzelnen auch im Darm des Menschen bestehen, wird intensiv untersucht.

Zu den Ballaststoffen zählen die Cellulose, die Hemicellulosen (u.a. Arabinoxylane), das Pektin, die  $\beta$ -Glucane, Inuline und Oligofruktosen sowie Guar, Pflanzenschleime und resistente Stärke.

## Ballaststoffe, Getreidevollkorn und Krebs

Seit Beginn der 1970er Jahre gibt es zahllose Publikationen, die sich mit der Frage beschäftigen, ob eine ballaststoffreiche Ernährung das Risiko, an Dickdarm- und anderen Krebsarten zu erkranken, senken kann. Doch die Datenlage ist nicht eindeutig.

In zwei umfangreichen Untersuchungen (EPIC-Studie „European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition“ mit rund 520.000 Personen aus 10 Europäischen Ländern und PLCO-Studie „Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian Cancer Screening Trial“ mit rund 34.000 Männern aus den USA) ging ein erhöhter Verzehr von Ballaststoffen mit einer Verringerung des Darmkrebsrisikos einher. Im Gegensatz hierzu hat eine andere führende Arbeitsgruppe mit Daten der „Nurses' Health Study“ (76.950 Frauen) und der „Health Professionals Follow-up Study“ (47.280 Männern) aus den USA einen solchen Zusammenhang nicht nachweisen können. Zudem wurde im Rahmen einer Humanstudie kein Hinweis dafür gefunden, dass ein hoher Verzehr von Ballaststoffen, Obst, Gemüse und Getreide das Auftreten von Krebsvorstufen in der Dickdarmwand hemmen könnte.

Die Untersuchungen zu Wirkungen einzelner Ballaststoffe an isolierten Zellen und tierexperimentelle Untersuchungen deuten aber darauf hin, dass diese Substanzen in der Tat protektiv wirken. Deshalb ist es notwendig, zunächst die Wirkmechanismen einzelner ballaststoffhaltiger Lebensmittel noch näher zu erforschen, um dann auf der Grundlage dieser Erkenntnisse gezielte klinisch kontrollierte Ernährungsstudien am Menschen durchzuführen.

## Das Forschungsprojekt „Arabinoxylane“

Eine ergiebige Quelle für Ballaststoffe ist die Weizenkleie aus den Randschichten des Weizenkorns. Rund 12–15% des Getreides ver-

bleiben nach der Vermahlung zu so genannten hellen Mehlen als Kleie. Pro Jahr fallen ca. 800.000 Tonnen Weizenkleie in Deutschland an.

Bis 1998 lagen 21 abgeschlossene Studien zur Wirkung der Weizenkleie auf die Entstehung von Dickdarmkrebs bei Tier und Mensch vor. 16 Studien zeigten, dass ein Verzehr von Weizenkleie das Darmkrebsrisiko signifikant verringern kann. Leider wird die Vergleichbarkeit der Studien sowohl durch eine fehlende Standardisierung der Versuchsprotokolle als auch durch eine mangelhafte oder gänzlich fehlende Charakterisierung der verwendeten Kleiepräparate erschwert.

Warum gerade die Weizenkleie gegenüber anderen Ballaststoffträgern diese krebshemmende Wirkung im Dickdarm entfaltet und welche spezifischen Inhaltsstoffe dafür verantwortlich sind, ist nicht bekannt. Die Weizenkleie enthält neben ca. 50% Ballaststoffen (u.a. Arabinoxylane) auch niedermolekulare Inhaltsstoffe (Antioxidantien, Vitamine, Flavonoide), die für diesen hemmenden Effekt verantwortlich gemacht werden können.

Um die Rolle der Ballaststoffe der Kleie näher zu untersuchen, wurde in einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), Standort Detmold, mit dem Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena ein Verfahren zur Gewinnung von Arabinoxylanen aus der Weizenkleie entwickelt. Diese bilden den Hauptballaststoff der Weizenkleie. Es konnten zwei Produkte gewonnen werden: die alkalisch gewinnbaren Arabinoxylane (AEAX) als Hauptprodukt und die mit Wasser extrahierbaren Arabinoxylane (WEAX) als Nebenprodukt. Abbildung 1 zeigt die chemische Struktur der AEAX, wie sie am Detmolder Institut ermittelt wurde.

Durch das neu entwickelte Verfahren lassen sich aus einem Kilogramm Weizenkleie rund 115 g Arabinoxylane gewinnen. Das Produkt besitzt eine Reinheit von mindestens 80%. Das Verfahren eignet sich auch zur Gewinnung dieser Stoffe in größerem Maßstab.

Im zweiten Projektteil, durchgeführt am Lehrstuhl für Ernährungstoxikologie der Friedrich-Schiller-Universität in Jena, wurden die isolierten Arabinoxylane und daraus gewonnene Fermentationsprodukte an menschlichen Dickdarmzellen untersucht. Auch wenn direkte Rückschlüsse auf die tatsächlichen Wirkmechanismen im menschlichen Verdauungstrakt problematisch sind, liefern die Ergebnisse aus diesen Zellkulturexperimenten wichtige Hinweise, wie die Substanzen im Darm wirken könnten.

Abbildung 2 zeigt schematisch, wie man sich die Krebsentstehung vorstellt. Zentrales Ausgangsereignis zu Beginn dieses Prozesses ist

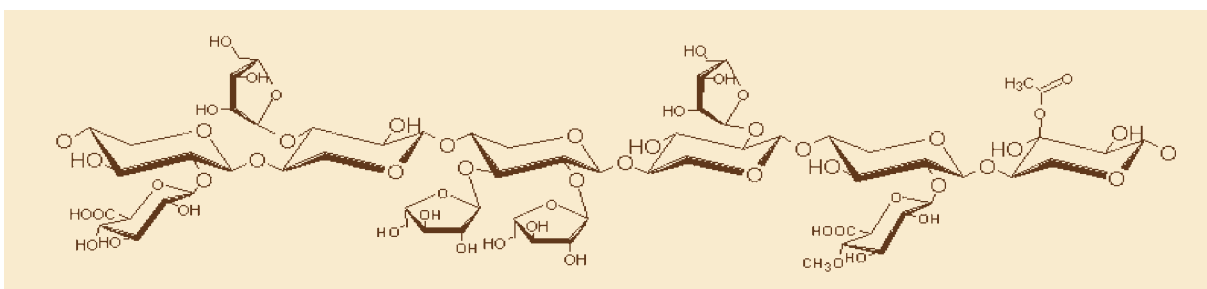


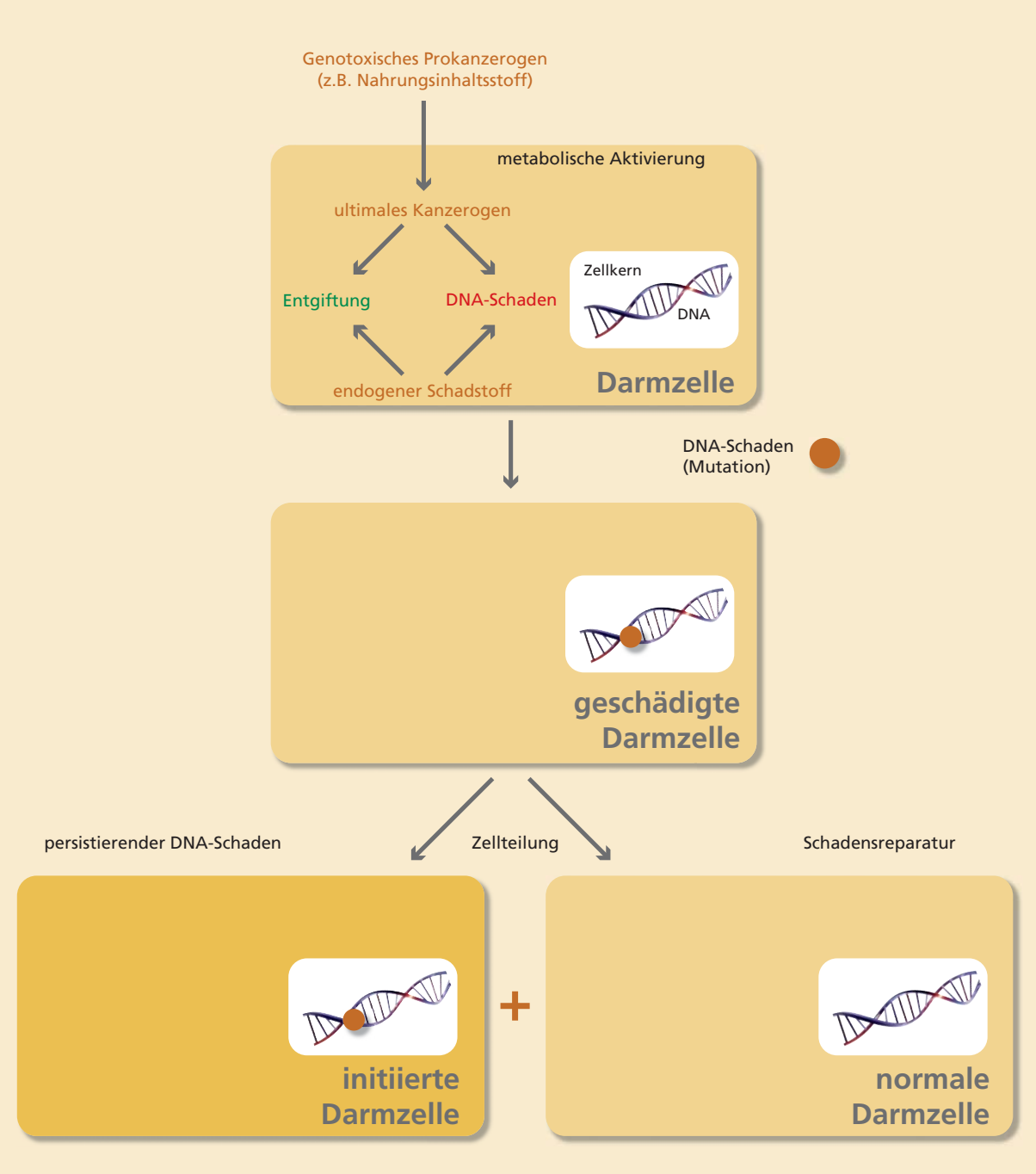
Abb. 1: Chemische Struktur der Arabinoxylane aus der Weizenkleie

eine Schädigung der DNA (Mutation) durch einen von außen zugeführten Stoff (Prokanzerogen) oder einen endogenen Prozess. Kann dieser Schaden nicht repariert werden, so folgt nach Teilung der geschädigten Zelle die Übertragung des Schadens auf die Tochterzelle – eine „initiierte“ Zelle entsteht, aus der sich über weitere Mutationsereignisse und viele Zellteilungen schließlich Krebs entwickeln kann. Dieser Prozess kann von der Entstehung der initiierten Zelle bis

zur Ausbreitung des Krebses durch Metastasen viele Jahre dauern (10–25 Jahre).

An isolierten Dickdarmzellen wurden nun die Wirkungen der Arabinoxylane und ihrer Fermentationsprodukte untersucht. Gelangen Ballaststoffe in den Dickdarm, so werden sie, in Abhängigkeit von der chemischen Struktur und Verweilzeit, unterschiedlich stark abgebaut („fermentiert“). Um den mikrobiellen Abbau der Arabinoxylane im

**Abb. 2: Schematische Darstellung der frühen Phasen der Krebsentstehung: Durch Schädigung der DNA entsteht aus einer normalen Dickdarmzelle eine initiierte Zelle, aus der sich unter Umständen durch weitere Mutationen Krebs entwickeln kann.**



menschlichen Dickdarm zu simulieren, wurden die Isolate im Labor mit menschlichen Faeces-Keimen fermentiert (Abb. 3). Es zeigte sich, dass beide Arabinoxylantypen durch die Darmkeime abgebaut werden, wobei kurzkettige Fettsäuren entstehen. Die bei der Fermentation gebildeten Substanzen hemmten die Zellteilung humaner Dickdarmtumorzellen signifikant. Außerdem steigerten sie signifikant die Aktivität von Schadstoff-entgiftenden Enzymen und waren tendenziell in der Lage, vor bestimmten oxidativen DNA-Schäden zu schützen. Die Fermentationsprodukte der Arabinoxylane greifen also an verschiedenen Stellen der Krebsentstehung regulierend ein: Sie können DNA-schädigende Stoffe durch eine Steigerung der Aktivität zellulärer Entgiftungsenzyme besser abwehren, sie können die Schädigung der DNA verringern und sie können die für die Ausbreitung der Zellschäden erforderliche Zellteilung hemmen. Unfermentierte, intakte Arabinoxylane sind dazu nicht in der Lage, da sie nicht in Körperzellen einzudringen vermögen.

Allerdings besitzt die Gruppe der mit Wasser extrahierbaren Arabinoxylane (WEAX) auch in unfermentierter Form ein hohes antioxidatives Potenzial und könnte so Darmzellen vor oxidativen Schäden (Brüche im DNA-Strang) schützen. Diese Schutzfunktion kann durch den so genannten Comet-Assay an einzelnen Zellen unter dem Mikroskop nachgewiesen werden. Dazu werden die behandelten Zellen in ein Gel eingebettet, an das ein elektrisches Feld angelegt wird (Elektrophorese). Nur geschädigte, fragmentierte DNA kann in einzelnen Bruchstücken aus dem komplexen Zellkern herauswandern, so dass nach Anfärbung das typische Bild eines Kometen erscheint (Abb. 4).

## Wirkmechanismen geklärt

Die Arbeiten haben ergeben, dass isolierte Bestandteile der Weizenkleie eine zellschützende Wirkung besitzen. Erstmals konnte gezeigt werden, dass Arabinoxylane von der menschlichen Darmflora fermentiert werden und dass diese Fermentationsprodukte das Wachstum von Krebszellen verringern und zelluläre Entgiftungsmechanismen gegen Kanzerogene fördern können. Darüber hinaus haben

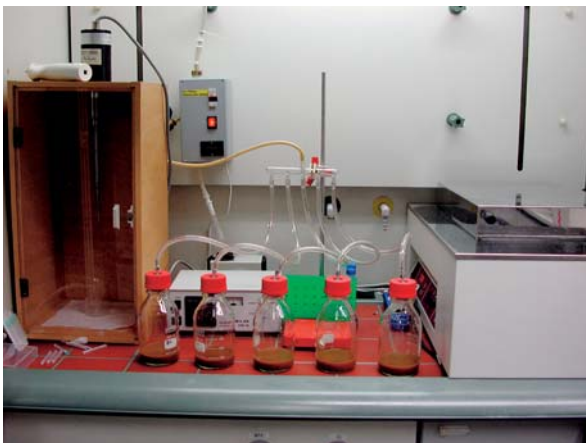


Abb. 3: Versuchsaufbau zur Durchführung der Fermentation von Proben mit menschlichen Faeces-Keimen im Labor

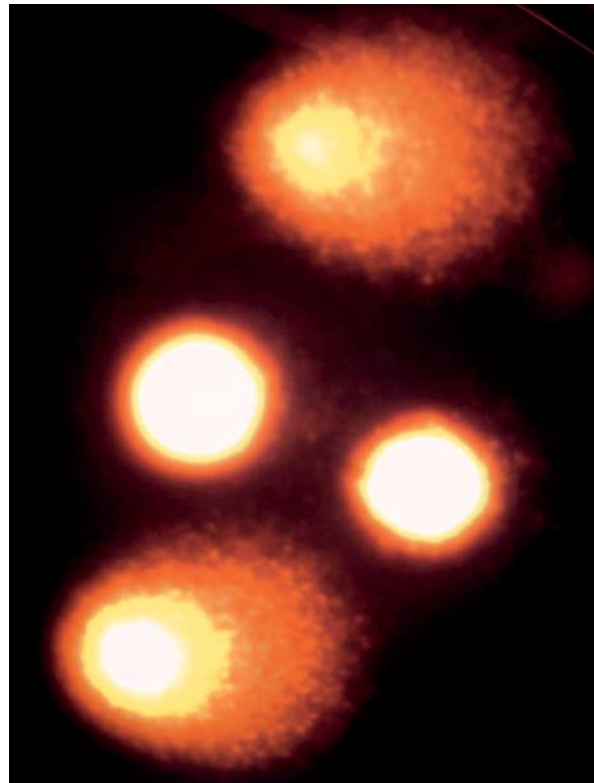



Abb. 4: Comet Assay: Zellen mit ungeschädigter (Mitte) und geschädigter DNA (oben und unten)

auch unfermentierte Arabinoxylane die Fähigkeit, zellschädigende Produkte abzufangen.

Ob neben den Arabinoxylanen noch andere Inhaltsstoffe in der Weizenkleie vor Darmkrebs schützen können, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Die hier vorgestellten Arbeiten haben aber wesentlich dazu beigetragen, die molekularen Wirkmechanismen von Ballaststoffen zu verstehen. Es ist jetzt klarer, auf welche Weise eine ballaststoffreiche Ernährung dazu beiträgt, das Risiko zu verringern, an Dickdarmkrebs zu erkranken. ■

**BfEL**  Dr. Jürgen Hollmann, Dr. Meinolf G. Lindhauer, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), Institut für Getreide-, Kartoffel- und Stärketechnologie, Schützenberg 12, 32756 Detmold.  
E-Mail: [juergen.hollmann@bfel.de](mailto:juergen.hollmann@bfel.de)



PD Dr. Michael Glei, Prof. Dr. Beatrice L. Pool-Zobel, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften, Dornburger Str. 25, 07743 Jena

### Danksagung

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit) via AiF über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert. AiF-Projekt Nr. 13065 BG.