

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 75 (1984)

**Heft:** 4

**Artikel:** Fortschritte in der Bestimmung von Nahrungsfasern = Progress in dietary fibre analysis

**Autor:** Schweizer, T.F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982717>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Fortschritte in der Bestimmung von Nahrungsfasern

### Progress in Dietary Fibre Analysis

*T. F. Schweizer*

Nestec AG, La Tour-de-Peilz

### Einleitung

Die Bedeutung einer ausreichenden Zufuhr von Nahrungsfasern im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung ist in den vergangenen Jahren immer wieder hervorgehoben worden. Andererseits haben Untersuchungen in vielen industrialisierten Ländern gezeigt, dass der Verzehr von Nahrungsfasern über Jahrzehnte hinweg abgenommen hat und heute als ungenügend bezeichnet werden muss (1).

Die sich deutlich abzeichnende vermehrte Anpreisung von nahrungsfaserreichen Lebensmitteln macht die Bestimmung von Nahrungsfasern zu einem vorrangigen Problem in der Lebensmittelanalytik. Entsprechend sind in den letzten Jahren grosse Anstrengungen zur Verbesserung der einschlägigen Methoden gemacht worden. Die folgende Literaturübersicht setzt sich zum Ziel, diese neueren Ergebnisse zusammenfassend darzustellen, kritisch zu werten und somit eine frühere Übersicht (2) zu ergänzen.

### Benennung und Definition

Von der Vielzahl der in den letzten zehn Jahren im englischen Sprachraum vorgeschlagenen Begriffe (z.B. indigestible residue, plantix, non-nutritive residue, edible fibre) konnte keiner überzeugen und sich gegen den von *Trowell* (3) verwendeten Begriff «dietary fibre» durchsetzen. Es wäre deshalb im Sinne einer klaren Verständigung zweckmässig, im deutschen Sprachraum die wörtliche Übersetzung «Nahrungsfasern» anstelle des heute noch synonym gebrauchten Begriffs «Ballaststoffe» zu verwenden, wie dies vor einigen Jahren von *Somogyi* (4) vorgeschlagen wurde. Im Gegensatz zu Begriffen wie «Ballast», «unverdauliche organische Substanz» oder «nicht verwertbarer organischer Anteil», die gemieden werden sollten, bestehen beim Wort «Nahrungsfasern» keine Zweifel darüber, dass es sich auf Anteile der Nahrung und nicht des Kotes bezieht. Der Be-

griff «Rohfaser» sollte ausschliesslich im Zusammenhang mit den allerdings nicht mehr zweckmässigen Rohfaserbestimmungsmethoden verwendet werden.

Die Nahrungsfasern werden von Biochemikern, Ernährungswissenschaftlern und Lebensmittelchemikern gerne leicht unterschiedlich definiert (5–7). Die Definition von *Trowell* et al. (8), nach der Nahrungsfasern aus den Polysacchariden und Lignin bestehen, die von den menschlichen Verdauungssekreten nicht hydrolysiert werden, bildet heute die Grundlage für die meisten analytischen Methoden. Diese Definition ist der von *Cummings* (9) bevorzugten rein chemischen Umschreibung als «non-starch polysaccharides and lignin» letztlich ähnlich. Chemie und Biochemie der in dieser Definition enthaltenen Polysaccharide, vor allem Cellulose, Hemicellulosen, Pektine, Pflanzenexsudate und -schleimstoffe sowie Algenpolysaccharide, waren in jüngster Zeit Gegenstand mehrerer Übersichtsartikel (10–12).

## Methodenübersicht

Die Methoden zur direkten Bestimmung von Nahrungsfasern lassen sich grob in gravimetrische Methoden und Fraktionierungsmethoden aufteilen. Gravimetrische Methoden streben im allgemeinen eine globale Bestimmung der Nahrungsfasern nach Entfernung der andern Lebensmittelkomponenten durch chemische oder enzymatische Behandlung an. Fraktionierungsmethoden beruhen im Gegensatz dazu auf dem Prinzip, einzelne Komponenten der Nahrungsfasern (Neutralzucker, Uronsäuren und Lignin) durch mehr oder weniger spezifische chromatographische, colorimetrische und gravimetrische Methoden zu erfassen. Vorgängig müssen deshalb reine Pflanzenzellwandpräparate hergestellt, oder zumindest die verdaulichen Kohlenhydrate (Zucker, Stärke und Dextrine) entfernt werden.

### *Gravimetrische Methoden*

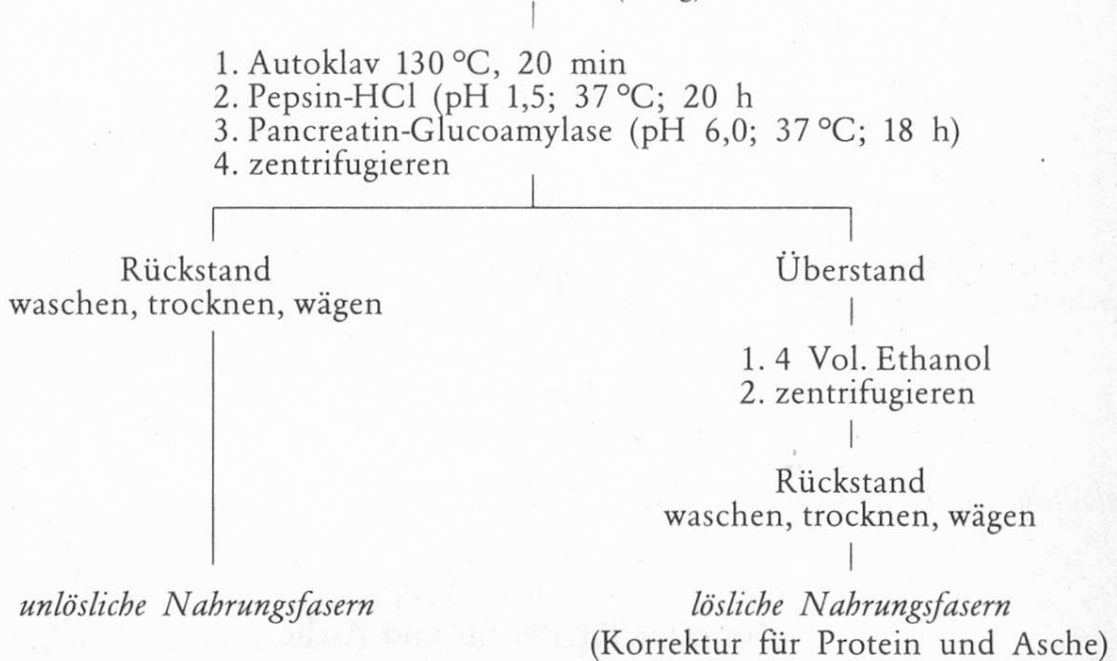
Die *älteren gravimetrischen Methoden* bestimmen nur einen unlöslichen Rückstand nach chemischem oder enzymatischem Abbau von Proteinen und Stärke im meist entfetteten Lebensmittel. Zu dieser Kategorie gehören die Rohfasermethoden, die Detergentienmethoden und mehrere enzymatische Methoden, die früher ausführlich besprochen wurden (2). Vor allem die Neutraldetergentienmethode hat in unterschiedlichen Modifikationen verbreitete Anwendung auch als offizielle Methode gefunden (13–15). Nun enthalten aber die meisten nahrungsfaserhaltigen Lebensmittel – auch Getreideprodukte – beträchtliche Anteile löslicher Nahrungsfasern. Folglich verlieren diese älteren gravimetrischen Methoden rasch an Bedeutung.

Alle *neueren gravimetrischen Methoden* (16–23) bestimmen unlösliche und lösliche Nahrungsfasern, unterscheiden sich aber in der Wahl der Enzyme für den Stärke- und Proteinabbau, den Inkubationszeiten sowie der Isolierung der lösli-

chen Nahrungsfasern (Analysenschemen 1–6).

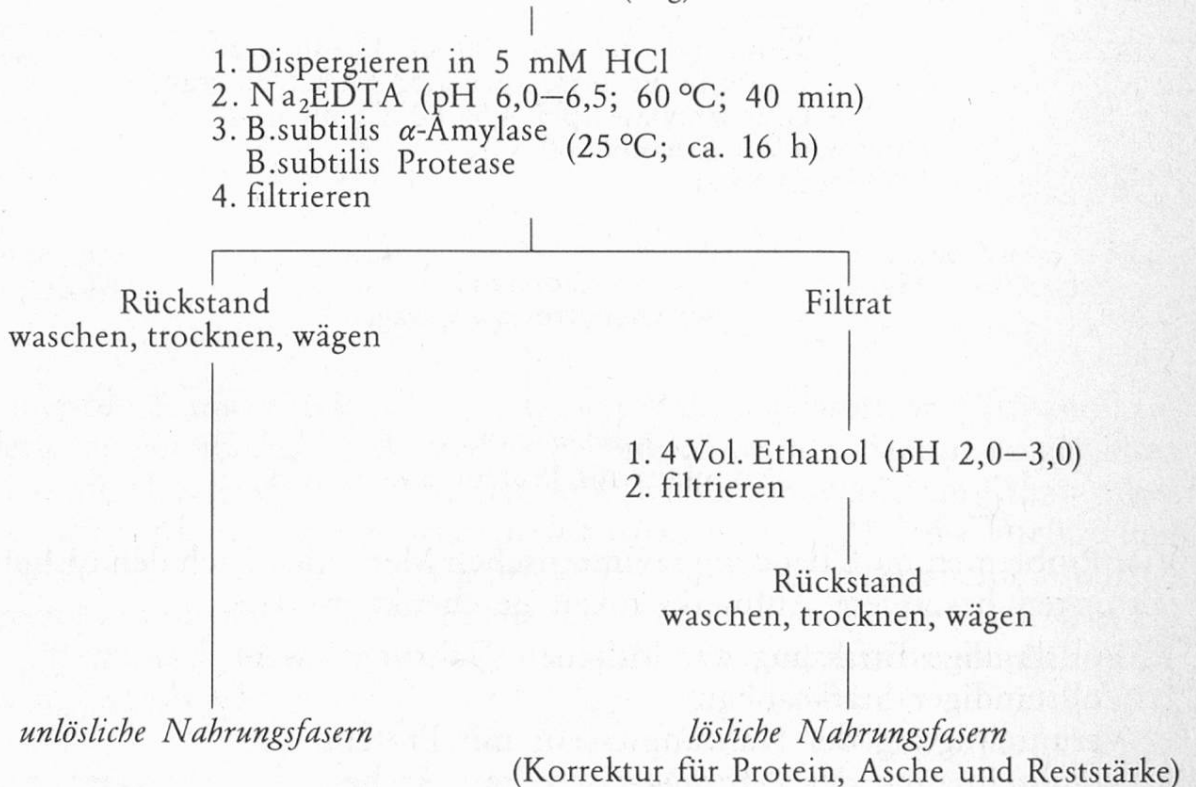
*Analysenschema 1. Methode von Schweizer und Würsch (16,17)*

entfettete Probe (1–3g)

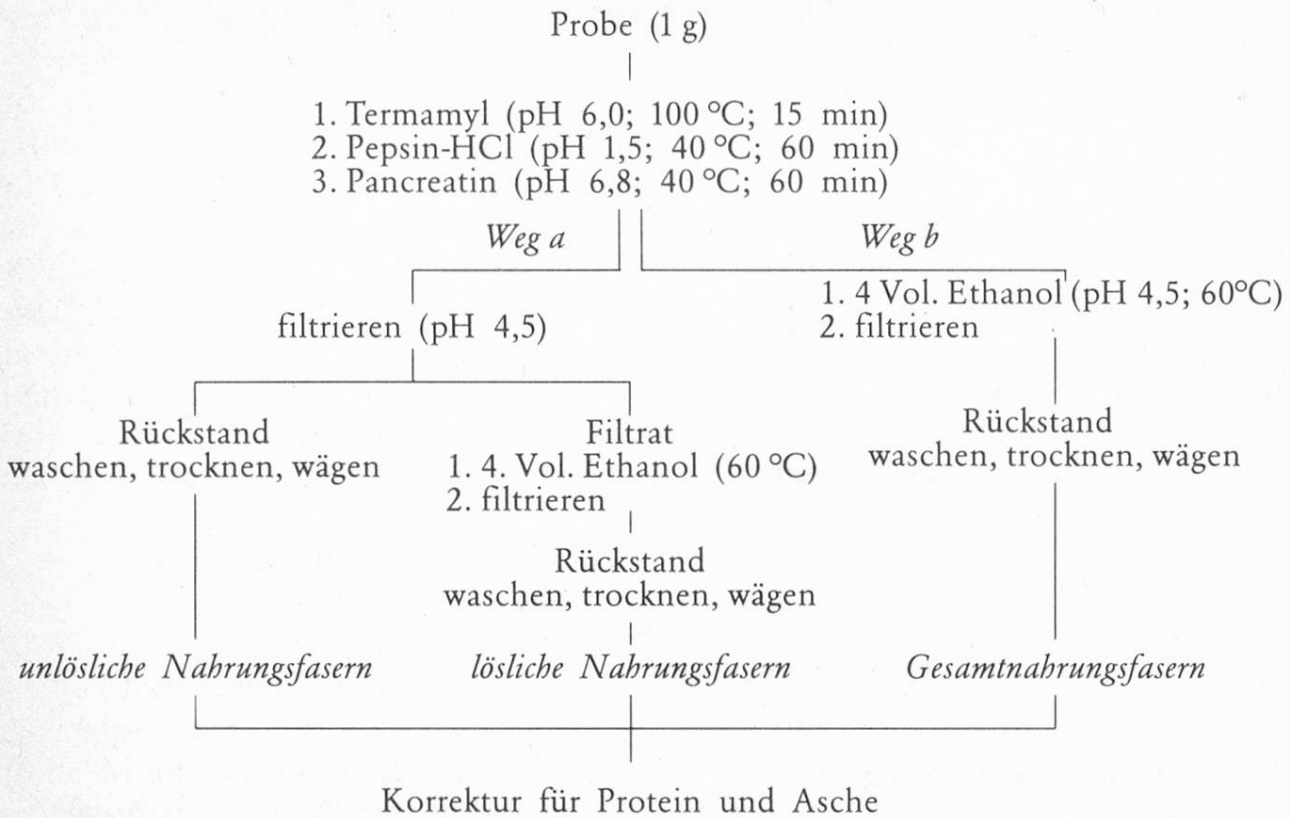


*Analysenschema 2. Methode von Furda (18)*

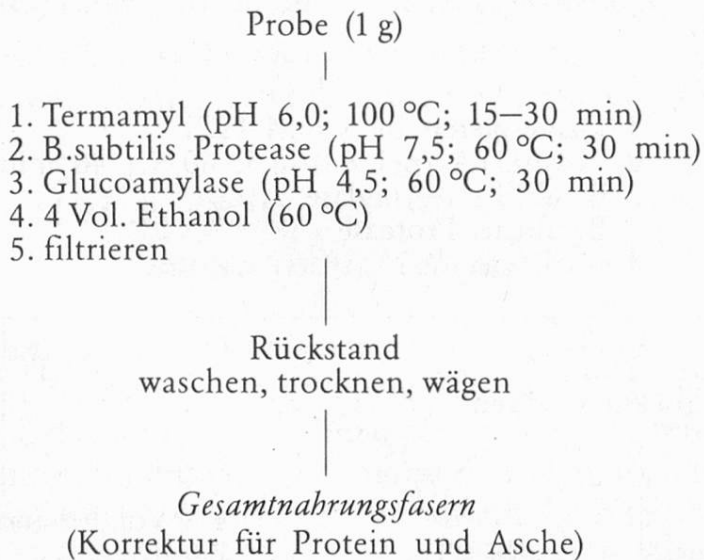
entfettete Probe (2 g)



*Analysenschema 3. Methode von Asp et al. (20)*



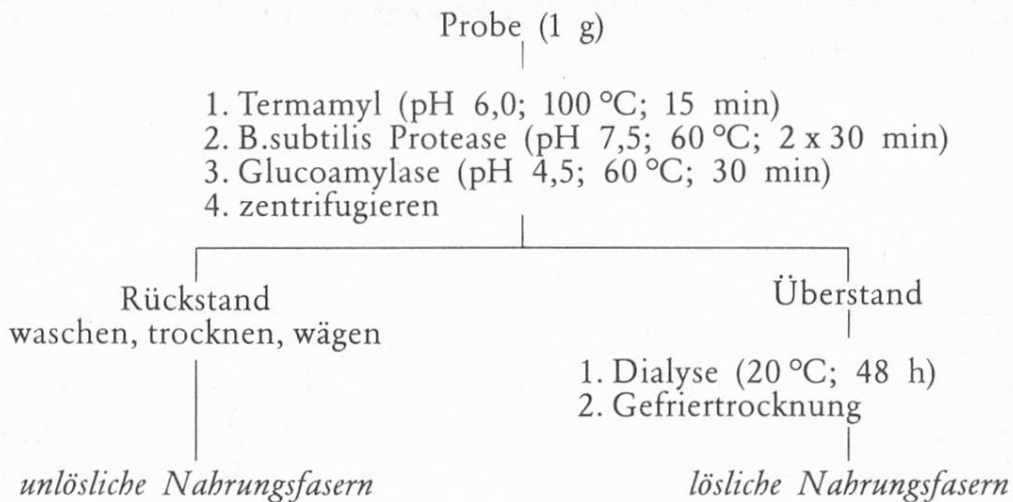
*Analysenschema 4. 4. AOAC-Methode von Prosky et al. (23)*



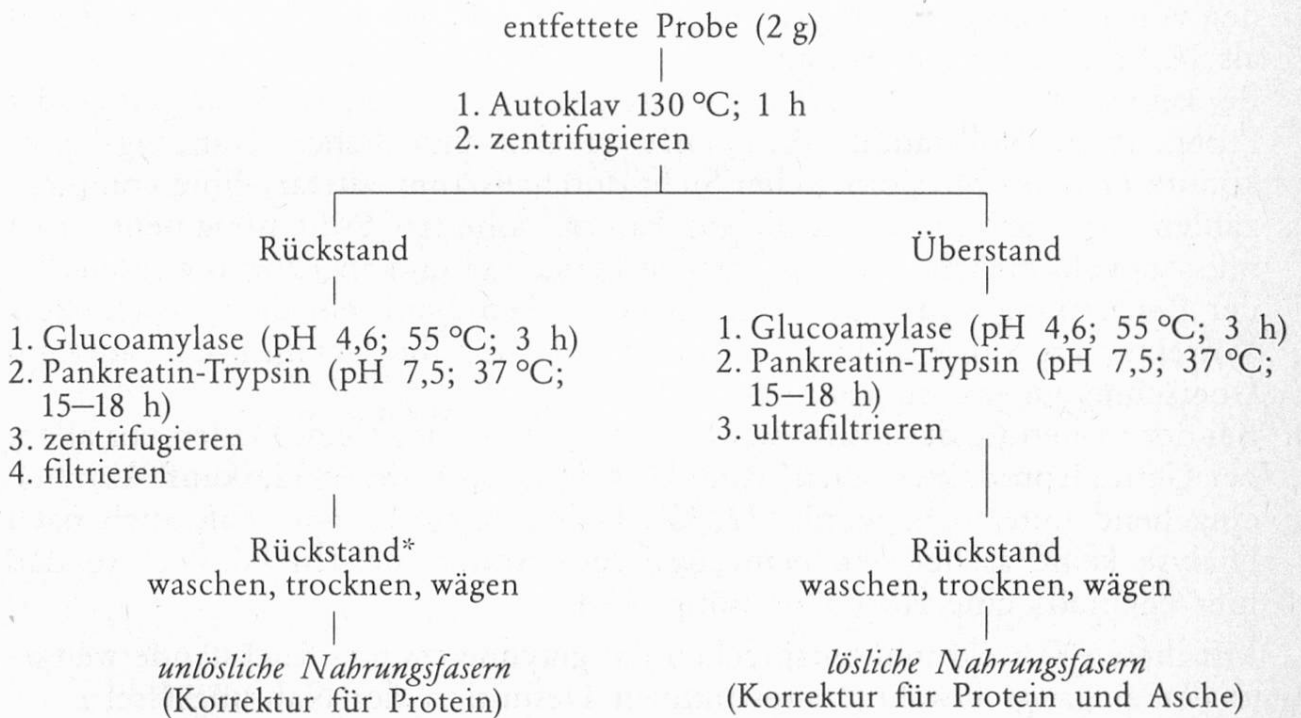
Vier Problemen muß bei den gravimetrischen Methoden nach den bisherigen Erfahrungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden:

1. Vollständige Erfassung der löslichen Nahrungsfasern
2. Vollständiger Stärkeabbau
3. Verunreinigung der Nahrungsfasern mit Protein
4. Verunreinigung der Nahrungsfasern mit Asche.

*Analysenschema 5. Methode von Arrigoni et al. (22)*



*Analysenschema 6. «Berliner Verfahren» von Meuser et al. (21)*



1. Die meisten Autoren fällen die löslichen Nahrungsfasern mit Ethanol aus wässrigen, gepufferten Lösungen aus. Jedoch wurde darauf hingewiesen (22, 24, 25), daß gewisse Polysaccharide in 80 Vol.-prozentigem Ethanol löslich bleiben. Als Alternative wurden von *Arrigoni et al. (22)* die Dialyse und von *Meuser et al. (21)* die Ultrafiltration vorgeschlagen. Aber auch diese langsameren Methoden erfassen nicht alle löslichen Polysaccharide (21, 22). In Lebensmitteln sind jedoch diese nicht erfaßten Polysaccharide mengenmäßig recht unbedeutend.

\* Filtrat wird verworfen

Größere Verluste könnten dagegen beim «Berliner Verfahren» (21) aus anderen Gründen auftreten. Die Trennung der Proben in unlösliche und lösliche Bestandteile schon vor der Proteolyse birgt – abgesehen vom zusätzlichen Aufwand – die Gefahr in sich, daß Nahrungsfasern, die erst während der Proteolyse löslich werden, mit dem Filtrat verworfen werden. Bei Leguminosen könnten in dieser Weise rund 20% der Gesamtnahrungsfasern verloren gehen (16).

2. Dem *Stärkeabbau* kommt auch in den später zu besprechenden Fraktionierungsmethoden größte Bedeutung zu, da nicht vollständig abgebaute Stärke in den Nahrungsfasern fraktionen erscheint und im Gegensatz zu Protein und Asche nicht mehr ohne größeren Aufwand separat ausgewiesen werden kann. Die Einführung der hitzestabilen  $\alpha$ -Amylase Termamyl durch *Theander* und *Aman* (26) hat den Stärkeaufschluss und -abbau ganz wesentlich vereinfacht. Dieses Enzym scheint sich auch bezüglich der erst neuerdings untersuchten Amylose-Lipidkomplexe und amyloseresistenten Stärkefraktionen in hitzebehandelten Lebensmitteln zu bewähren (27–30): Amylose-Lipidkomplexe werden von Termamyl abgebaut, amyloseresistente Fraktionen dagegen zu Recht als Nahrungsfasern bestimmt.
3. Bei keiner veröffentlichten gravimetrisch-enzymatischen Methode gelingt der Proteinabbau vollständig. *Restprotein* in den unlöslichen Nahrungsfasern könnte man aus physiologischer Sicht durchaus zum «dietary-fibre-complex» zählen (31), die mit den löslichen Fasern isolierten Proteinfragmente aber müssen wohl mehrheitlich als Artefakt betrachtet und abgezogen werden. Bei der Berechnung von Analysenbilanzen in Lebensmitteln drängt sich diese Korrektur im Sinne einer Konvention auch für die Gesamtfasern auf, um Überschneidungen zu verhindern.
4. Bei der Isolierung der löslichen Nahrungsfasern mit Ethanol fallen vor allem bei Getreideprodukten auch Mineralstoffe an (16), deren Herkunft kürzlich eingehend untersucht wurde (32, 33). Dabei zeigte es sich, daß auch nach Dialyse keine aschefreien Nahrungsfasern isoliert werden können, so daß hier ebenfalls eine Korrektur nötig wird.

Mit diesen Korrekturen entsprechen die gravimetrischen Rückstände weitgehend der eingangs erwähnten restriktiven Definition der Nahrungsfasern.

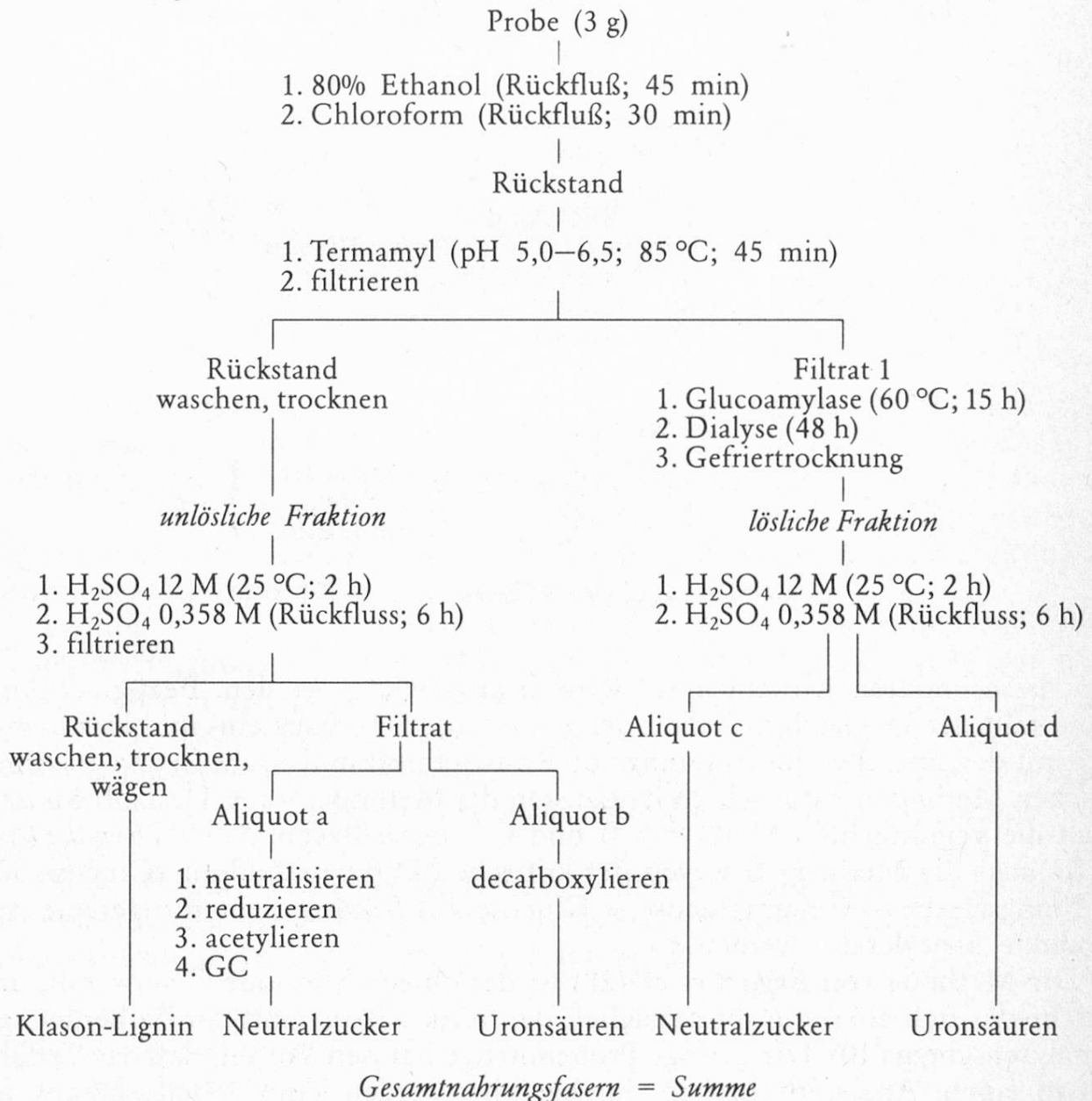
### *Fraktionierungsmethoden*

Seit einigen Jahren werden Verfahren zur Fraktionierung von Pflanzenzellwänden für biochemische Untersuchungen (34–38) auch für die Bestimmung von Nahrungsfasern vorgeschlagen (38). Da aber diese Verfahren vor allem für präparative Zwecke entwickelt wurden und je nach Pflanzengewebe verschiedener Modifikationen bedürfen, scheinen sie sich noch kaum als allgemein anwendbare Methoden zu eignen. Die mit einem Verfahren (36) in einem Ringversuch erhaltenen Ergebnisse wichen zudem wesentlich von den mit den anderen Methoden erzielten Resultaten ab (39).

Im folgenden sollen deshalb vor allem Fraktionierungsmethoden besprochen werden, die als Weiterentwicklungen der Methode von *Southgate* (40) bezeichnet werden können. Verfahren, welche noch mehr Fraktionierungsschritte als die *Southgate*-Methode aufweisen (41, 42), sind dabei von geringerem Interesse als die, die einen verbesserten Stärkeabbau, den Verzicht auf die Trennung in wasserunlösliche und -lösliche Polysaccharide sowie den Ersatz der colorimetrischen Bestimmung der Zuckerbausteine durch gas- oder flüssigchromatographische Methoden beinhalten.

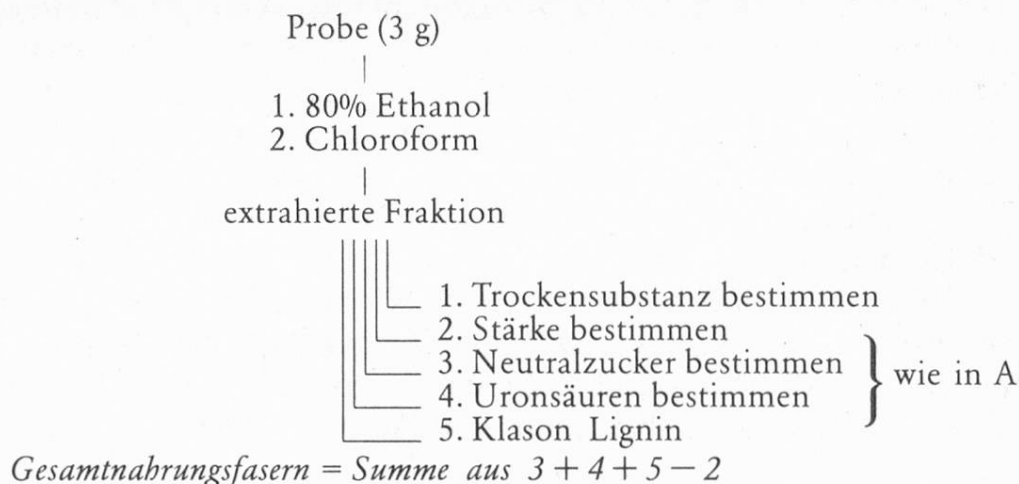
*Theander* und Mitarbeiter (26, 43–45) haben drei Methoden A, B und C (Analysenschemen 7–9) vorgeschlagen. Die ausführliche Methode A ist bis zur Isolierung der unlöslichen und löslichen Fraktionen mit den gravimetrischen Methoden (20, 22) vergleichbar, außer daß keine Protease verwendet wird. Somit kön-

*Analysenschema 7. Methode A von Theander und Aman (26, 43, 44)*

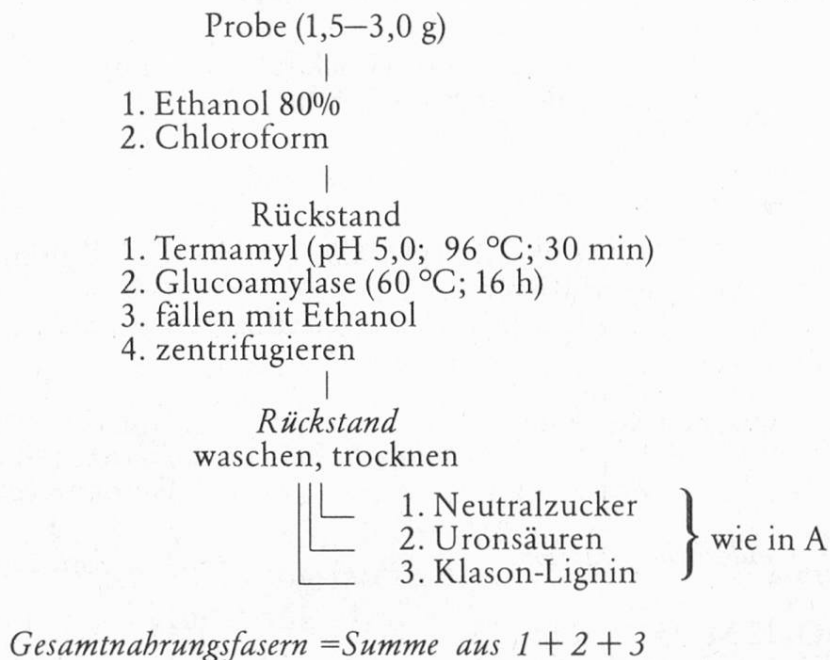




*Analysenschema 8. Methode B von Theander und Aman (43–45)*



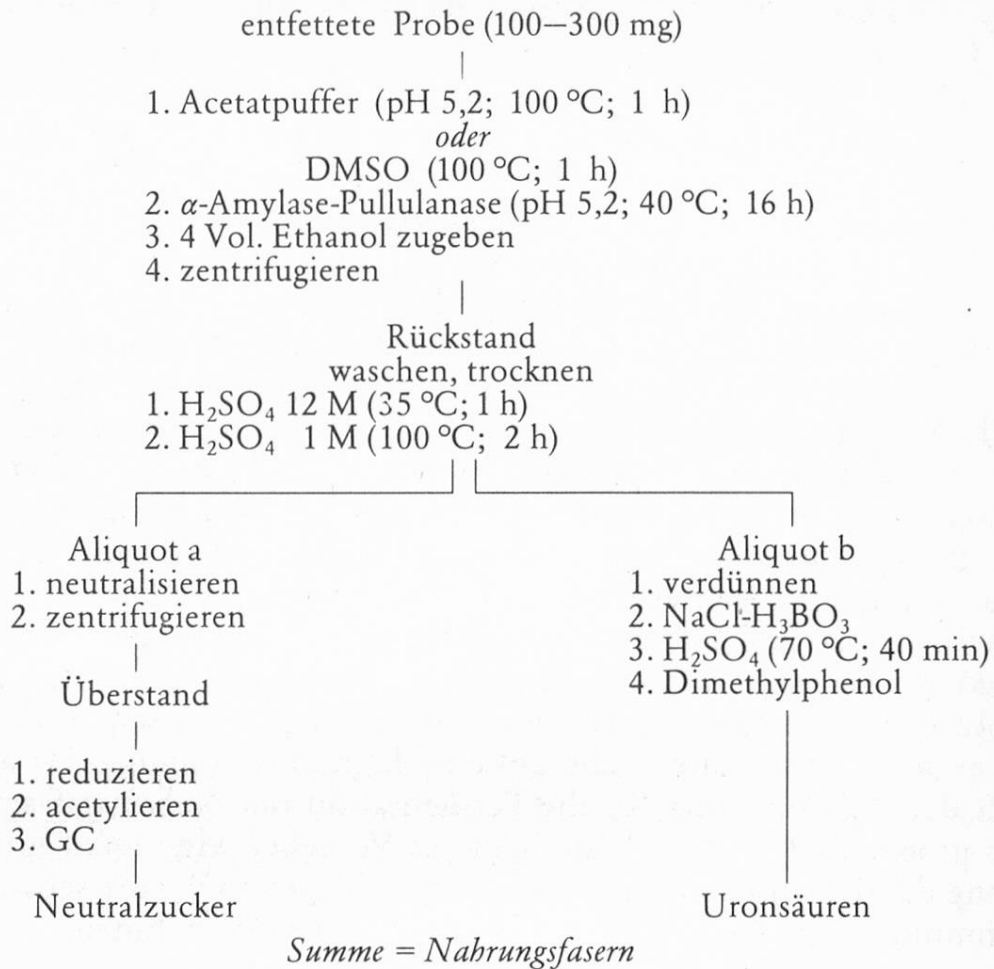
*Analysenschema 9. Methode C von Theander und Westerlund (41)*



nen diese Fraktionen nicht gravimetrisch ausgewertet werden. Bezüglich Aufwand fällt der Vergleich zwischen der gesamten Zuckerbaustein- und Ligninanalyse mit der einfachen Bestimmung von Reststickstoff und Asche in den gravimetrischen Methoden natürlich zu Ungunsten der Methode A aus. Deshalb wurden auch die vereinfachten Methoden B und C vorgeschlagen. Nach *Theander* (44) sollte aber die Methode B wegen der kritischen Differenzbildung (Glucose aus Nahrungsfasern = Gesamtglucose – Glucose aus Stärke) nicht für stärkereiche Produkte angewendet werden.

Die Methode von *Englyst* et al. (28) ist der obigen Methode C verwandt, unterscheidet sich aber von ihr bezüglich des Stärkeabbaus und der Probenmenge (Analysenschema 10). Die geringe Probenmenge hat den Vorteil, daß das Verfahren in einem Analysenröhrchen durchgeführt werden kann. Voraussetzung ist

*Analysenschema 10. Methode von Englyst et al. (28, 46)*



aber eine perfekte Homogenität der Probe. Zudem muß auf die Ligninbestimmung verzichtet werden. Durch zwei zusätzliche Parallelbestimmungen (28) besteht immer noch die Möglichkeit, zwischen löslichen und unlöslichen Polysacchariden sowie Cellulose zu unterscheiden. Kürzlich wurde über eine neue Modifikation berichtet (46), bei der der Stärkeabbau und die Probenvorbereitung zur Gaschromatographie verbessert wurden.

Ähnlich wie bei den gravimetrischen Methoden wurde bei den meisten Fraktionierungsmethoden 80 Vol.-prozentigen Alkohol zur Abtrennung der Nahrungsfasern von den niedermolekularen Kohlenhydraten benutzt. Bezüglich des vollständigen Stärkeabbaus scheint sich neben Termamyl (26) auch das Dispergieren in DMSO (46) vor der Amylolyse zu eignen, während das einfache Erhitzen im Puffer zu beträchtlichen Reststärkegehalten in den Nahrungsfasern führte (28).

Da die Fraktionierungsmethoden den Gehalt an Nahrungsfasern als Summe der einzelnen Komponenten bestimmen, müssen bei diesen Verfahren zusätzlich folgende Punkte besonders berücksichtigt werden:

1. Säurehydrolyse
2. Uronsäurebestimmung
3. Ligninbestimmung.

1. Die Bedingungen für die saure Hydrolyse, die sowohl die vollständige Spaltung der Polysaccharide zu Monosacchariden als auch minimale Reversion und Degradierung der Zuckerbausteine garantieren, sind immer noch umstritten (30, 47). Grundsätzlich sollten ähnlich wie bei der Analysenprobe zusammengesetzte Standardmischungen parallel mithydrolysiert werden, um die notwendigen Korrekturfaktoren zu erhalten. Neuere Untersuchungen (48) deuten darauf hin, daß sich diese Schwierigkeiten mit Hilfe geeigneter Kombinationen von Hydrolasen in Zukunft umgehen lassen könnten.
2. Die meisten Autoren benützen für die Uronsäurebestimmung eine der zahlreichen Modifikationen der Carbazolreaktion, wobei aber den interferierenden Neutralzuckern getrennt Rechnung zu tragen ist (49, 50). Neuere, etwas selektivere Methoden verwenden anstatt Carbazol 3,5-Dimethylphenol (51) oder Meta-hydroxy-diphenyl (52). In dieser Beziehung befriedigt aber die von *Theander* und *Aman* (26) bevorzugte spezifische Decarboxylierung am ehesten.
3. Die gravimetrische Ligninbestimmung im Anschluss an die saure Hydrolyse (Klason-Lignin) bietet erhebliche Schwierigkeiten, die kürzlich ausgiebig diskutiert wurden (30, 44), und die Fraktionierungsmethoden können in diesem Punkt der eingangs besprochenen rein chemischen Definition der Nahrungsfasern ebensowenig gerecht werden, wie die gravimetrischen Methoden. *Englyst* et al. (28) verzichteten ganz auf eine Ligninbestimmung. Da aber das Ausmaß der Lignifizierung für die Fermentation der Nahrungsfasern im Kolon von großer Bedeutung ist, stellt dieses Vorgehen eine recht grobe Vereinfachung dar. Es wurde deshalb auch vorgeschlagen (49), eine separate Ligninbestimmung nach *Goering* und *Van Soest* (53) vorzunehmen.

### Methodenwahl

Aus der Methodenübersicht geht deutlich hervor, daß letztlich keine Methode den Anforderungen der Definition der Nahrungsfasern ganz gerecht wird, obwohl die von *Trowell* (3) ursprünglich weitgefaßte Definition verschiedentlich — vielleicht zu Unrecht — eingeengt wurde (8, 9). So werden zum Beispiel Zucker aus Glykoproteinen bei den Fraktionierungsmethoden unfreiwillig miterfaßt. Angesichts der komplexen chemischen und physikalischen Strukturen der Kohlenhydrate und Nahrungsfasern in Lebensmitteln müssen dieser und andere «Schönheitsfehler», die quantitativ weniger ins Gewicht fallen, wohl auch in Zukunft in Kauf genommen werden.

Zur Bestimmung der Gesamtnahrungsfasern sind die gravimetrischen Methoden nach wie vor am besten geeignet. Unter Berücksichtigung des derzeitigen Kenntnisstandes über die physiologischen Wirkungen der Nahrungsfasern kann für die Belange der Lebensmittelanalytik, insbesondere der Produktedeklaration und -kontrolle, auf eine Unterscheidung zwischen löslichen und unlöslichen Nahrungsfasern verzichtet werden. Unter diesen Voraussetzungen bieten sich die Methoden von *Asp* et al. (20) und von *Prosky* et al. (23) als praktisch gleichwertig an. Die nach einem ersten im Rahmen der AOAC durchgeführten Ringversuch

mit letzterer Methode und 32 teilnehmenden Laboratorien (23) vorgenommenen Änderungen haben sich in einem zweiten Ringversuch bewährt und die AOAC hat diese Methode «for official first action» genehmigt (54).

Wenn eine Trennung in unlösliche und lösliche Nahrungsfasern zwecks weiterer Charakterisierung der Fraktionen erwünscht ist, sollte natürlich auf das Filtrationsmittel Celite (20, 23) verzichtet und auf andere, aufwendigere Isolierungsverfahren (17, 22) zurückgegriffen werden.

Mehrere Fraktionierungsmethoden, welche die Nahrungsfasern als Summe der Zuckerbausteine, Uronsäuren und Lignin bestimmen, liefern ebenfalls gute Ergebnisse, die mit den gravimetrisch erhaltenen Resultaten vergleichbar sind (23, 39). Vorläufig werden die Neutralzucker vor allem gaschromatographisch bestimmt, aber neuere Arbeiten zeigen, daß die Flüssigchromatographie bald ebenbürtige Resultate liefern wird (55, 56).

Diese Methoden stellen aber zeitlich, personell und instrumentell ungleich höhere Anforderungen als die gravimetrischen Verfahren, selbst wenn man die vereinfachten Verfahren (44, 46) berücksichtigt. Entsprechend sind die Ringversuche in England mit dem Verfahren von *Englyst et al* (28, 46) nicht überzeugend ausgefallen. Zudem wurde bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß dieselben detaillierten Zuckerbausteinanalysen auch ausgehend von den gravimetrisch bestimmten Nahrungsfasern erhältlich sind (16, 17, 30). Im Gegensatz zu den Fraktionierungsmethoden erlaubt es dieses Vorgehen aber, die Detailergebnisse mit dem gravimetrischen Wert zu überprüfen.

### *Dank*

Der Autor dankt Prof. Dr. *N.-G. Asp* und Dr. *R. Amadò* für wertvolle Hinweise und kritische Durchsicht des Manuskriptes.

### *Zusammenfassung*

Ausgehend von den Definitionen der Nahrungsfasern als «Polysaccharide und Lignin, die von den menschlichen Verdauungsenzymen nicht hydrolysiert werden», oder als «Nicht-Stärke-Polysaccharide und Lignin» werden die neueren Bestimmungsmethoden kritisch besprochen. Trotz großer Fortschritte kann noch keine Methode die Ansprüche dieser Definitionen vollauf befriedigen. Fraktionierungsmethoden, vor allem vereinfachte und verbesserte Modifikationen der Southgate-Methode, messen die Nahrungsfasern indirekt als Summe der einzeln zu bestimmenden Neutralzucker, Uronsäuren und Lignin nach enzymatischem Abbau der Stärke. Enzymatisch-gravimetrische Methoden erfassen die Gesamtnahrungsfasern oder wasserunlösliche und -lösliche Nahrungsfasern getrennt nach enzymatischem Abbau von Stärke und Protein. Falls erwünscht, kann die detaillierte Zusammensetzung der Nahrungsfasern anschließend wie bei den Fraktionierungsmethoden ermittelt werden. Da für viele Zwecke, insbesondere für die Lebensmitteldeklaration und -kontrolle, diese detaillierte Zusammensetzung nicht benötigt wird, sollte den viel einfacheren gravimetrischen Methoden der Vorzug gegeben werden.

## Résumé

Les fibres alimentaires étant définies comme «les polysaccharides et la lignine qui résistent à l'hydrolyse par les enzymes du tube digestif» ou comme «les polysaccharides non-amylacés et la lignine», les méthodes récentes permettant leur dosage sont passées en revue. Malgré de grandes améliorations aucune méthode ne peut satisfaire entièrement les exigences de ces définitions. Les méthodes de fractionnement, en particulier des versions simplifiées et améliorées de la méthode de Southgate, dosent les fibres alimentaires indirectement, comme somme des sucres neutres, des acides uroniques et de la lignine, après dégradation enzymatique de l'amidon. Les méthodes enzymatiques et gravimétriques déterminent les fibres alimentaires totales, ou les fibres insolubles et solubles séparément, après dégradation enzymatique de l'amidon et des protéines. Il est possible de déterminer et doser ensuite les constituants individuels de fibres alimentaires selon les principes utilisés dans les méthodes de fractionnement. Dans beaucoup de cas, et en particulier pour la déclaration et le contrôle des denrées alimentaires, la connaissance de cette composition détaillée n'est pas nécessaire. Ainsi, la préférence est donnée aux méthodes gravimétriques, plus simples que les méthodes de fractionnement.

## Summary

Defining dietary fibre as «the polysaccharides and lignin which are resistant to hydrolysis by the digestive enzymes of man» or as «non-starch polysaccharides and lignin» the more recent analytical methods are critically reviewed. Despite considerable progress no method strictly fulfills the requirements of these definitions. Improved and simplified modifications of the Southgate fractionation method measure dietary fibre indirectly after enzymatic starch hydrolysis as the sum of the individually determined constituent neutral sugars, uronic acids and lignin. Enzymatic gravimetric methods determine total dietary fibre or insoluble and soluble fibre separately after enzymatic hydrolysis of starch and protein. If desired the detailed composition of dietary fibre can be measured in the gravimetric residue. However, for many purposes such as labelling and control of food products, this detailed analysis is not necessary. Preference is therefore given to the enzymatic gravimetric methods which are much easier to run than the fractionation methods.

## Literatur

1. *Schweizer, T.*: Verbrauch an Nahrungsfasern. In: Zweiter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 96–103. Verlag Hans Huber, Bern 1984.
2. *Schweizer, T. F.*: Die Bestimmung von Ballaststoffen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **71**, 25–37 (1980).
3. *Trowell, H. C.*: Ischemic heart disease and dietary fibre. Am. J. Clin. Nutr. **25**, 926 (1972).
4. *Somogy, J. C.*: Einführung in die Bedeutung und Problematik von Nahrungsfaserballaststoffen. In: Pflanzenfasern-Ballaststoffe in der menschlichen Ernährung (H. Rottka, Hrsg.), S. 1–10. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1980.
5. *Brillouet, J. M. et Mercier, C.*: Les fibres alimentaires — définition et composition. Cah. Nutr. Diét. **XVIII**, 2, 65–69 (1982).

6. *Heaton, K. W.*: Dietary fibre in perspective. *Human Nutr.: Clin. Nutr.* **37C**, 151–170 (1983).
7. *Hellendoorn, E. W.*: Dietary fibre or indigestible residue? *Am. J. Clin. Nutr.* **34**, 1437–1439 (1981)
8. *Trowell, H., Southgate, D. A. T., Wolover, T. M. S., Leeds, A. R., Gassull, M. A. and Jenkins, D. J. A.*: Dietary fibre redefined. *Lancet* **1**, 967 (1976).
9. *Cummings, J.*: Dietary fibre. *Br. Med. Bull.* **37**, 65–70 (1981).
10. *Selvendran, R. R.*: The plant cell wall as source of dietary fiber: chemistry and structure. *Am. J. Clin. Nutr.* **39**, 320–337 (1984).
11. *Brillouet, J. M.*: Non-starchy polysaccharides of legume seeds from the papilionoidae sub-family. *Sci. Aliments* II, 135–162 (1982).
12. *Aspinall, G. O.*: Analysis of polysaccharides. In: *Food carbohydrates* (Lineback, D. R. and Inglett, G. E., eds.), p. 356–374. Avi Publishing Company, Westport, Conn. 1982.
13. American Association of Cereal Chemists: Approved methods of the AACC. Method 32–20. St. Paul, MN 1978.
14. Schweiz. Lebensmittelbuch, 2. Band, Kapitel 22, Methode 8.1. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale Bern 1982.
15. Amtliche Sammlung § 35 LMBG, Methode 00.00–7, 1983.
16. *Schweizer, T. F. and Würsch, P.*: Analysis of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* **30**, 613–619 (1979).
17. *Schweizer, T. F. and Würsch, P.*: Analysis of dietary fiber. In: *The analysis of dietary fiber in Food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds.), p. 203–216. Marcel Dekker Inc., New York 1981.
18. *Furda, I.*: Simultaneous analysis of soluble and insoluble dietary fiber. In: *The analysis of dietary fiber in food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds), p. 163–172. Marcel Dekker, Inc., New York 1981.
19. *Asp, N.-G. and Johansson, C.-G.*: Techniques for measuring dietary fiber. In: *The analysis of dietary fiber in food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds.), p. 173–189. Marcel Dekker Inc., New York 1981.
20. *Asp, N.-G., Johansson, C.-G., Hallmer, H. and Siljeström, M.*: Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agric. Food Chem.* **31**, 476–482 (1983).
21. *Meuser, F., Suckow, P. und Kulikowski, W.*: Analytische Bestimmung von Ballaststoffen in Brot, Obst und Gemüse. *Getreide, Mehl, Brot* **37**, 380–383 (1983).
22. *Arrigoni, E., Caprez, A., Amadò, R. and Neukom, H.*: Gravimetric method for the determination of insoluble and soluble dietary fibres. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **178**, 195–198 (1984).
23. *Prosky, L., Asp, N.-G., Furda, I., DeVries, J. W., Schweizer, T. F. and Harland, B.*: The determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **67**, 1044–1052 (1984).
24. *Neukom, H., Markwalder, H. U. and Schibli, P.*: The composition of dietary fibre from wheat flour. *Lebensm. Wiss. Technol.* **10**, 346–349 (1977).
25. *Brillouet, J.-M., Joseleau, J.-P., Utille, J.-P. and Lelièvre, D.*: Isolation, purification, and characterization of a complex heteroxylyan from industrial wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* **30**, 488–495 (1982).
26. *Theander, O. and Aman, P.*: Studies on dietary fibre. I. Analysis and chemical characterization of water-soluble and water-insoluble dietary fibre. *Swedish J. Agric. Res.* **9**, 99–106 (1979).

27. *Johansson, C.-G., Siljeström, M. and Asp, N.-G.*: Dietary fibre in bread and corresponding flours — Formation of resistant starch during baking. *Z. Lebensm. Unters. -Forsch.* **179**, 24–28 (1984).
28. *Englyst, H., Wiggins, H. S. and Cummings, J. H.*: Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol-acetates. *Analyst* **107**, 307–318 (1982).
29. *Holm, J., Björck, I., Ostrowska, S., Eliasson, A. C., Asp, N.-G., Larsson, K. and Lundquist I.*: Digestibility of amylose-lipid complexes in-vitro and in-vivo. *Stärke* **35**, 294–297 (1983).
30. *Asp, N.-G. and Johansson, C.-G.*: Dietary fibre analysis. *Nutr. Abstr. Rev. Clin. Nutr.* **54A**, 735–752 (1984).
31. *Saunders, R. M. and Betschart, A. A.*: The significance of protein as a component of dietary fiber. *Am. J. Clin. Nutr.* **33**, 960–961 (1980).
32. *Schweizer, T. F., Fröhlich, W., Del Vedovo, S. and Besson, R.*: Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals. Part I. *Cereal Chem.* **61**, 116–119 (1984).
33. *Fröhlich, W., Asp, N.-G. and Schweizer, T. F.*: Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals. Part II. *Cereal Chem.* **61**, 357–359 (1984).
34. *Voragen, F. G. J., Timmers, J. P. J., Linssen, J. P. H., Schols, H. A. and Pilnik, W.*: Methods of analysis for cell-wall polysaccharides of fruits and vegetables. *Z. Lebensm. Unters. -Forsch.* **177**, 251–256 (1983).
35. *Brillouet, J.-M. and Mercier, C.*: Fractionation of wheat bran carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.* **32**, 243–251 (1981).
36. *Selvendran, R. R. and Du Pont, M. S.*: Simplified methods for the preparation and analysis of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* **31**, 1173–1182 (1980).
37. *Selvendran, R. R. and Du Pont, M. S.*: An alternative method for the isolation and analysis of cell wall material from cereals. *Cereal Chem.* **57**, 278–283 (1980).
38. *Selvendran, R. R., Ring, S. G. and Du Pont, M. S.*: Determination of the dietary fiber content of the EEC samples and a discussion of the various methods of analysis. In: *The analysis of dietary fiber in food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds.), p. 95–121. Marcel Dekker Inc., New York 1981.
39. *Varo, P., Laine, R. and Koivistoinen, P.*: Effect of heat treatment on dietary fibre: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **66**, 933–938 (1983).
40. *Southgate, D. A. T.*: Determination of carbohydrates in foods. II. Unavailable carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.* **20**, 331–335 (1969).
41. *Anderson, N. E. and Clydesdale, F. M.*: An analysis of the dietary fiber content of a standard wheat bran. *J. Food Sci.* **45**, 336–340 (1980).
42. *Jeltema, M. A. and Zabik, M. E.*: Revised method for quantitating dietary fibre components. *J. Sci. Food Agric.* **31**, 820–829 (1980).
43. *Theander, O. and Aman, P.*: Analysis of dietary fibers and their main constituents. In: *The analysis of dietary fiber in food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds.), p. 51–70. Marcel Dekker Inc., New York 1981.
44. *Theander, O.*: Advances in the chemical characterisation and analytical determination of dietary fibre components. In: *Dietary fibre* (Birch, G. G. and Parker, K. J., eds.), p. 77–93. Applied Science, London 1983.
45. *Theander, O. and Aman, P.*: Studies on dietary fibre. A method for the analysis and chemical characterisation of total dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* **33**, 340–344 (1982).
46. *Englyst, H. N. and Cummings, J. H.*: Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst*, **109**, 937–942 (1984).

47. *Neeser, J. R. and Schweizer, T. F.*: A quantitative determination by capillary gas-liquid chromatography of neutral and amino sugars (as O-Methyloxime acetates) and a study on hydrolytic conditions for glycoproteins and polysaccharides, in order to increase sugar recoveries. *Anal. Biochem.* **142**, 58–67 (1984)
48. *Amadó, R.*: Persönliche Mitteilung (1984).
49. *Englyst, H.*: Determination of carbohydrate and its composition in plant materials. In: *The analysis of dietary fiber in food* (James, W. P. T. and Theander, O., eds.), p. 71–93. Marcel Dekker Inc., New York 1981.
50. *Hudson, G. J. and Bailey, B. S.*: Mutual interference effects in the colorimetric methods used to determine the sugar composition of dietary fibre. *Food Chemistry* **5**, 201–206 (1980).
51. *Scott, R. W.*: Colorimetric determination of hexuronic acids in plant materials. *Anal. Chem.* **51**, 936–941 (1979).
52. *Blumenkrantz, N. and Asboe-Hansen, G.*: New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem.* **54**, 484–489 (1973).
53. *Goering, H. K. and Van Soest, P. J.* Forage fiber analysis. USDA Agricultural Handbook, No 379 (1970).
54. *Prosky, L.*: Persönliche Mitteilung (1984).
55. *Slavin, J. L. and Marlett, J. A.*: Evaluation of high-performance liquid chromatography for measurement of the neutral saccharides in neutral detergent fiber. *J. Agric. Food Chem.* **31**, 467–471 (1983).
56. *Neilson, M. and Marlett, J. A.*: A comparison between detergent and nondetergent analyses of dietary fiber in human foodstuffs, using high-performance liquid chromatography to measure neutral sugar composition. *J. Agric. Food Chem.* **31**, 1342–1347 (1983).

Dr. T. F. Schweizer  
 Nestec AG  
 Forschungsabteilung  
 CH-1814 La Tour-de-Peilz