Zeitschrift: Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 91 (2000)

Heft: 6

Artikel: Schnellmethoden in der Lebensmittelanalytik : Möglichkeiten und Grenzen - Eine Übersicht

Autor: Matissek, Reinhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-981889

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.10.2025

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

Schnellmethoden in der Lebensmittelanalytik: Möglichkeiten und Grenzen – Eine Übersicht*

Reinhard Matissek, Lebensmittelchemisches Institut (LCI) des Bundesverbandes der Deutschen Süsswarenindustrie e.V., Köln

Einleitung

Diese Arbeit gibt einen Überblick über *Schnellmethoden in der Lebensmittelanalytik – ihre Möglichkeiten und ihre Grenzen* (1, 2). Die Aufgabe ist nicht ganz einfach, da hinsichtlich des Begriffs *Schnellmethode* bislang keine allgemein gültige Definition vorliegt. Begriffsbestimmung und Abgrenzung gestalten sich komplex und schwierig, da es verschiedene Interpretationsmöglichkeiten zu berücksichtigen gilt, die (eigentlich) alle relativ sind und unterschiedlichen Philosophien entspringen. Hinzu kommt, dass das Adjektiv *schnell* in unserer heutigen Zeit in Form eines Präfix gern als Werbeargument – eben auch im Bereich der Analytik – angewendet wird und deshalb einer gewissen Erosion und Unschärfe unterliegt.

Im Rahmen dieses Beitrags sollen nur solche Schnellmethoden berücksichtigt werden, bei denen chemische und physikalisch-chemische Messprinzipien eine Rolle spielen; d.h. mikrobiologische und rein physikalische Verfahren bleiben ausgeklammert.

Charakterisierung und Abgrenzung

Bei Durchsicht der Literatur fällt auf, dass man ein vielfältiges Spektrum an Verfahren und Prozeduren, die als Schnellmethoden bezeichnet werden, findet. Zwei Beispiele sollen die Breite und Tiefe des gesamten Spannungsfeldes stellvertretend für die Gesamtheit der verschiedenen Methoden substantiieren:

Verfahren zur Bestimmung von Sr-90 in Milch – Schnellmethode

Bei dieser Methode (3) handelt es sich um eine Extraktion des aus Strontium-90 (Sr-90) gebildeten Tochternuklides Yttrium-90 (Y-90) aus der veraschten Probe mit

* Vortrag gehalten an der 112. Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie, Muttenz, 1. September 2000

Tributylphosphat, anschliessender Zwischenfällung als Hydroxid, Umwandlung in das Oxalat und Messung der β-Aktivität mit einem Antikoinzidenzzähler mit sehr niedriger Nulleffektzählrate. Die Angaben zum Zeitaufwand werden in der Originalarbeit (3) angegeben wie folgt: «Eine Arbeitskraft kann in 1,5 Tagen parallel mindestens 3–4 Sr-90-Analysen durchführen.» Bei oberflächlicher Betrachtungsweise kann dies als recht lang für eine Schnellmethode angesehen werden. Zur besseren Einschätzung ist es jedoch wichtig zu wissen, dass empfindliche und genaue Sr-90-Analysen ausserordentlich arbeits- und zeitaufwendig sind und zudem sehr viel chemisch-analytisches Know-how erfordern. Die übliche Sr-90-Bestimmung nimmt deshalb zwei bis drei Wochen in Anspruch, wobei der Hauptteil auf die Einstellung eines zur Messung günstigen Verhältnisses Sr-90/Y-90 entfällt (4).

Schnellmethode zur Bestimmung von Diethylenglykol in Wein

Das Prinzip dieser Methode (5) beruht auf der Extraktion von Diethylenglykol (DEG) mit Chloroform und anschliessender Bestimmung nach kapillar-gaschromatographischer Trennung mittels Massenspektrometrie (Selected Ion Monitoring, SIM-Technik). Die Methode ist neben ihrer Schnelligkeit auch ausgesprochen empfindlich sowie spezifisch. Die Nachweisgrenze liegt bei 0,2 mg DEG/l Wein. Andere Verfahren (6–8) sind entweder weniger empfindlich und damit weniger aussagekräftig oder zeitaufwendiger. Bemerkenswert ist zudem die Begründung des Autors (5) zur Einordnung als Schnellmethode, in der neben dem Hinweis auf eine hochorganisierte Ablaufplanung auch auf den besonderen Stellenwert von Teamarbeit eingegangen wird: «Mit der beschriebenen Methode lassen sich von einem Team relativ schnell grosse Serien an Wein auf DEG untersuchen. Einen hohen Stellenwert nimmt hier die Organisation der Probenannahme, des Analysenablaufs im Labor und die anschliessende Einzelbefundauswertung ein.» Zeitaufwand: ca. 0,5 h.

Die von der Methodik und Problematik her sicherlich interessanten Beispiele können an dieser Stelle analytisch vertiefend nicht näher behandelt werden. Stellvertretend für viele andere, in der Literatur oder in der Laborsprache als Schnellmethoden bezeichnete Methoden verdeutlichen sie aber, wie vielschichtig und heterogen sich eine Abgrenzung bzw. Einordnung gestaltet und zeigen dadurch die folgenden, für eine Diskussion wichtigen Ansatzpunkte auf:

1. Obschon Schnellmethoden durch die Zeitgrösse charakterisiert werden, beinhaltet der Begriff *ad definitionem* nicht die Vorgabe eines Zeitlimits.
2. «Schnell» ist offenbar nicht nur eine Frage der Methodik und des Geräteaufwandes, sondern auch eine Frage der Organisation, das geht bis hin zur Automation.
3. Schnellmethoden sind zunehmend auch in der Lebensmittelüberwachung gefragt und nicht nur wie ursprünglich zur Qualitätskontrolle oder bei der Qualitätssicherung bzw. beim Qualitätsmanagement in der industriellen Lebensmittelproduktion. Dies bedeutet einen gewissen Wandel bei der Profilierung der Methoden.

4. Umfang und Diversifikation der analytischen Parameter werden auch weiterhin zunehmen, wobei zusätzlich die Anforderungen an die Qualität der analytischen Aussage steigen. Dies trifft sowohl auf die «normale» Analytik als auch auf die Spurenanalytik zu.

Bei der Charakterisierung des Begriffs *Schnellmethode* und der Standortbestimmung im Spannungsfeld zwischen Möglichkeiten und Grenzen ergeben sich bei systematischer Betrachtungsweise die in den folgenden Abschnitten abgehandelten drei Grundsatzfragen.

Was versteht man unter «Schnellmethode»?

Eine Übersicht über Charakterisierung, Abgrenzung und Begriffsbestimmungen im Bereich *Schnellmethode* gibt die schematische Darstellung in Abbildung 1.

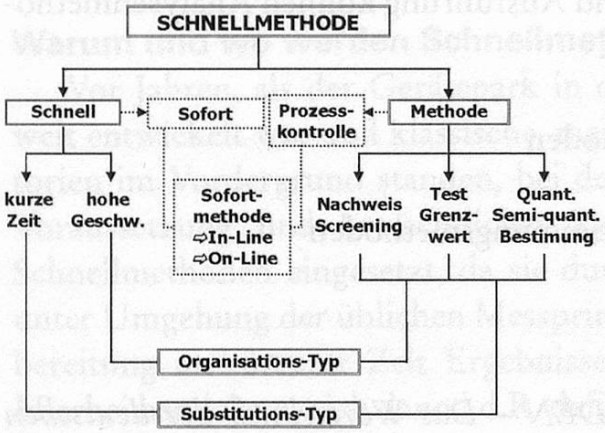

Abbildung 1 **Schematische Übersicht zur Charakterisierung des Begriffs «Schnellmethode»**

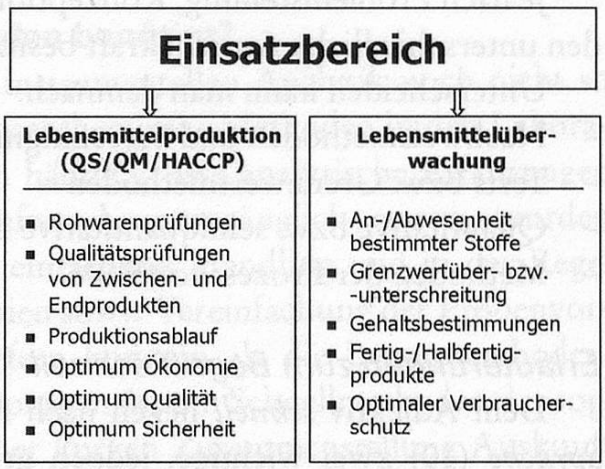

Abbildung 2 **Einsatzbereiche und Primärziele der Anwendung von analytischen Schnellmethoden im Lebensmittelbereich**

Erläuterungen zum Begriff Methode

Eine Methode ist ein auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren, das zur Erlangung von Erkenntnissen oder praktischen Ergebnissen dient (9). In der Laboratoriumsmedizin wird gemäss DIN 58937 unter *Methode* «das auf bestimmten, nämlich biologischen, chemischen und physikalischen Prinzipien sowie mathematischen Theorien beruhende Analysenverfahren zur Bestimmung von Bestandteilen und Grössen in Untersuchungsmaterialien» verstanden.

In der Analytik versteht man ganz allgemein unter *Methode* den planmässig durchgeführten Gang einer Untersuchung. Diese ist im Normalfall an ein Labor

oder eine laborähnliche Einrichtung gebunden und beinhaltet ausgehend von der Probenahme und -vorbereitung über die eigentliche Messung auch die Befundauswertung. In diesem Fall spricht man von einer Labormethode.

Einige Methoden lassen sich aufgrund ihres Messprinzips auf einfache Art und Weise unabhängig von einem Labor betreiben. Zu nennen sind hier als Beispiele die pH-Messung, die radiometrische Dichtemessung, die refraktrometrische Extraktbestimmung, die Teststäbchenreflektrometrie, NIR- bzw. NMR-Messungen, Test-Kits u.a.

Werden Messungen On-line bzw. zerstörungsfreie, das Lebensmittel nicht beeinträchtigende Messungen In-line ausgeführt und in die Produktion integriert, können sie zur kontinuierlichen Prozesskontrolle dienen. Für die Produktionssteuerung im Hersteller- bzw. Verarbeiterbetrieb ist diese Art der Messung sicherlich der anzustrebende – wenn auch seltene – Idealfall einer Schnellmethode, die exakter jedoch als Sofortmethode zu bezeichnen wäre.

Je nach Problemstellung, Konzeption und Ausführung können Analysenmethoden unterschiedliche Aussagekraft besitzen.

Unterscheiden kann man demnach:

- Nachweismethoden und Screeningmethoden
- Tests bzw. Grenzwertmethoden
- Quantitative bzw. semiquantitative Bestimmungsmethoden
- Methoden der Prozesskontrolle

Erläuterungen zum Begriff schnell

Dem Adjektiv *schnell* liegen nach *DUDEN – Das Wörterbuch der deutschen Sprache* (10) zwei wichtige, jedoch grundsätzlich unterschiedliche Bedeutungen zugrunde:

- innerhalb kurzer Zeit
  oder
- mit relativ hoher Geschwindigkeit.

In Bezug auf analytische Schnellmethoden bedeutet das, dass man in Relation zu den herkömmlichen, langwierigen, oftmals amtlichen Analysenmethoden, die ja die Bezugs-/Konventions- bzw. Referenzmethoden darstellen, eine grundsätzliche Unterteilung in zwei Typen vornehmen kann:

1. Methoden, die innerhalb kürzerer Zeit, d.h. durch Austausch oder Umgehung zeitaufwendiger Arbeits- und Verfahrensschritte – meist durch Einführung eines andersartigen Messprinzips – schneller zum Ergebnis führen.
   oder
2. Methoden, bei denen das Ergebnis deshalb schneller vorliegt, weil die Durchführung der Untersuchung unter Beibehaltung des zu Grunde liegenden Messprinzips mit höherer Geschwindigkeit vorgenommen wird.

Schnellmethoden-Kategorien

Den erstgenannten Typus von Schnellmethoden kann man als «Substitutionstyp», den letzteren als «Organisationstyp» bezeichnen. Obwohl beide Kategorien das gleiche Ziel – nämlich Schnelligkeit – verfolgen, unterscheiden sie sich grundlegend. Übergänge und Kombinationen sind möglich und durchaus üblich, so dass *in praxi* oftmals ein dementsprechender Mischtyp vorliegt. Eine Sonderstellung nehmen die sog. Multikomponentenmethoden ein, die deshalb eine Schnelligkeit vorweisen bzw. schnell erscheinen, weil sie eine grössere Anzahl von Ergebnissen parallel (gleichzeitig) liefern.

Die angeführten Merkmale sind nicht nur deshalb von Bedeutung, weil sie es gestatten, Schnellmethoden zu klassifizieren und somit letztendlich begrifflich zu bestimmen, sondern weil aus ihnen auch hervorgeht, dass Schnellmethoden – je nachdem zu welchem Typ sie gehören – generell unterschiedliche analytische Aussagekraft besitzen.

Warum und wo werden Schnellmethoden benötigt?

Vor Jahren, als der Gerätepark in der instrumentellen Analytik noch nicht so weit entwickelt war und klassische, meist nasschemische Methoden in den Laboratorien im Vordergrund standen, bei denen häufig grosse analytische Erfahrungen Voraussetzung und beträchtlicher Zeitaufwand unumgänglich waren, wurden Schnellmethoden eingesetzt, da sie durch einfacheres Handling und in der Regel unter Umgehung der üblichen Messprinzipien sowie Vereinfachung der Probenvorbereitung in kürzerer Zeit Ergebnisse liefern konnten als die Bezugsmethoden. Hierbei handelte es sich dann i.d.R. definitionsgemäss um Schnellmethoden des sog. Substitutionstyps. Abbildung 2 gibt in einer kurzen Zusammenstellung Auskunft über die zwei wesentlichsten Einsatzbereich für analytische Schnellmethoden.

Lebensmittelproduktion

Eine Notwendigkeit zum Einsatz von Schnellmethoden wurde zunächst für die innerbetriebliche Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung bzw. das Qualitätsmanagement bei der industriellen Lebensmittelproduktion gesehen, denn hier werden biologische Rohstoffe verarbeitet, die natürlichen Schwankungen unterworfen sind. Durch schnellstmögliche Bestimmung der wertbestimmenden Bestandteile der Rohstoffe bzw. Zwischen- und Endprodukte soll ein entsprechender Einfluss auf die laufende Produktion möglich sein, um bezüglich der Qualität optimale Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Hinzu kommt ferner die Frage nach schneller Prüfung auf eventuell vorhandene unerwünschte Stoffe, nach Authentizität, Herkunft, Behandlung usw.

Lebensmittelüberwachung

Im Zuge des immer grösser werdenden Anfalls an Proben – auch unter Umweltaspekten – und der gleichzeitigen Zunahme der analytisch zu bestimmenden Para-

meter ist ein Interesse für Schnellmethoden ebenso im Bereich der Lebensmittelüberwachung vorhanden. Hier gilt nicht nur die amtliche, sondern auch die freiberufliche Seite. Aufgrund lebensmittelrechtlicher bzw. toxikologischer Aspekte ist es oftmals wichtig, schnelle Aussagen über die An- oder Abwesenheit einer bzw. mehrerer Substanzen zu erhalten.

Da im Laufe der Entwicklung der Lebensmittelanalytik die Bestimmung von definierten Einzelsubstanzen – auch gemeinsam oder simultan – mehr und mehr in den Vordergrund getreten ist, sind hier vornehmlich moderne, instrumentelle Methoden von Interesse, die durch zeitoptimierte Weiterentwicklung, Automatisierung bzw. bessere Organisation bekannter Messverfahren so getrimmt werden, dass schnellere, zugleich jedoch exakte und empfindliche Aussagen ermöglicht werden. Diese Schnellmethoden sind im wesentlichen dem Organisationstyp zuzurechnen.

Welche Parameter sollen bzw. können von Schnellmethoden erfasst werden?

Eine umfassende Beantwortung einer derart komplexen Frage kann im Rahmen eines Übersichtsreferats nicht gegeben werden, da sich dieses Gebiet einerseits in ständiger Entwicklung befindet und andererseits ein zu erstellender Katalog zudem äusserst umfangreich – und immer noch unvollständig – wäre. Verwiesen sei jedoch diesbezüglich auf ein kürzlich erschienenes Werk, in dem einmal der Versuch unternommen wurde, «Kits, Instrumente und Systeme» im Bereich der schnellen Lebensmittelanalyse und des Hygienemonitorings zusammenzutragen (11).

Zu bedenken ist ferner, dass es oftmals mehrere analytische Wege zur Bestimmung der interessierenden Parameter gibt, so dass eine Einzelaufzählung nicht angebracht ist (vgl. hierzu u.a. (12)). Im Folgenden wird deshalb eine methodenorientierte Darstellung favorisiert, d.h. nicht das zu analysierende Objekt steht im Vordergrund der Betrachtung, sondern die Methode.

Schnellmethoden des Substitutionstyps

Für die Qualitätssicherung bzw. für das Qualitätsmanagement im Herstellungsbetrieb ist nach wie vor die Ermittlung der wertbestimmenden Bestandteile und wichtiger qualitäts-, gesundheits bzw. hygienerelevanter Eigenschaften bzw. Parameter der Lebensmittelrohstoffe und Endprodukte von ganz erheblicher Bedeutung.

Bestandteile wie Trockensubstanz, Extrakt, Dichte sowie Fett, Eiweiss, Kohlenhydrate u.a. sind analytisch gesehen jedoch Summenparameter, die durch die Anwendung von Bezugs-/Konventions- bzw. Referenzmethoden definiert sind. Eine schnellere Analyse dieser Summenparameter ist praktisch durch ein Beschleunigen des Arbeitsablaufs unter gleichzeitiger Beibehaltung des vorgegebenen Messprinzips nur in Ausnahmefällen möglich, so dass besondere Geräte entwickelt wurden, die die genannten Summenparameter auf Basis vereinfachter bzw. vereinfachender alternativer Messanordnungen ableiten. Die folgenden tabellarischen

Zusammenstellungen (Tabellen 1 und 2) geben einen Überblick über häufig zu bestimmende analytische Hauptqualitätsmerkmale und die Messprinzipien der ange-

Tabelle 1
Schnellmethoden des Substitutionstyps – Beispiele

Parameter	*Messprinzip Bezugs-/ Konventionsmethode*	*Schnellmethode*
Feuchtigkeit/ Trockensubstanz/Extrakt	Gravimetrie nach thermischer Trocknung im Trockenschrank	Gravimetrie nach IR- bzw. Mikrowellen(MW)-Trocknung Refraktometrie Konduktometrie Dielektrometrie NIR/Mikrowellen(MW)-Messgeräte NMR
Dichte	Pyknometrie	Radiometrie
Fett	Gravimetrie nach Lösemittelextraktion mit oder ohne Säure-/Alkaliaufschluss: Weibull-Stoldt, Röse-Gottlieb, Schmid-Bondzynski-Ratzlaff, Soxhlet	Densitometrie Refraktometrie Volumetrie Röntgenabsorption Radiometrie NIR/MIR CM-Extraktion NMR
Eiweiss	Massanalyse nach Aufschluss und Destillation: Kieldahl	Direktdestillation Farbbindemethoden Dynamische Spontanverbrennung NIR/MIR

Tabelle 2
Schnellmethoden des Substitutionstyps – Beispiele (Forts.)

Parameter	*Messprinzip Bezugs-/ Konventionsmethode*	*Schnellmethode*
Kohlenhydrate	Reduktionsmethoden: Luff-Schoorl, Polarimetrie	NIR/MIR HPLC Enzymatik (z.B. mit Bio-Enzymatiksensoren) Pikrinsäuremethode
Weitere Qualitätsmerkmale	Diverse Spezialmethoden: z.B. bzgl. Identität/Authentizität, Frische/Sicherheit, Zusammensetzung, Fremdkörper etc.	NIR Enzymatik Teststäbchen-Reflektometrie Ionenselektive Elektroden NMR Röntgenscanner Sensoren/Chips u.v.a.m.

wandten Methoden (Beispiele). Die angeführten Schnellmethoden verkörpern dabei vornehmlich den Substitutionstyp.

Ermittlung von Trockensubstanz-/Extraktgehalt/Dichte

Bezugsmethoden sind die gravimetrischen Bestimmungen nach thermischer Trocknung im Trockenschrank; für Dichtemessungen die Pyknometrie (12–16). Als Schnellmethoden können genannt werden:

1. Gravimetrische Differenzmessung: Jedoch wird die Wärmeübertragung, die bei den Konventionsmethoden im Normalfall im Trockenschrank vornehmlich mittels Wärmeleitung und Konvektion erfolgt, substituiert durch die schnellere Erwärmung durch Strahlung wie Mikrowellen- bzw. Infrarot-Strahlen (vgl. (14) Bd. II/2 S. 17).
2. Unterwassergewichtsbestimmung: Trockensubstanzgehaltsbestimmung über die Ermittlung des Unterwassergewichts bei Kartoffeln (Chips-/Sticksindustrie) (17).
3. Refraktometrie: Messung des Brechungsindex und Rückschluss auf den Extrakt- bzw. Trockensubstanzgehalt (Lösungen, Flüssigkeiten) (18).
4. Konduktometrie: Ermittlung des Wasseranteils durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Proben (vgl. (14) Bd. II/2 S. 34).
5. Dielektrometrie: Messung der Dielektrizitätskonstante als Mass für den Wassergehalt in Proben (vgl. (14) Bd. II/2 S. 34) (19).
6. Coulometrie: Nach thermischer Extraktion (Ofen) des Wassers wird dieses selektiv mit einem sehr empfindlichen coulometrischen Sensor (P_2O_5-Messzelle) bestimmt. Damit ist die exakte Bestimmung der verschiedenen Wasserfraktionen, wie Oberflächenwasser, Kapillarwasser und Kristallwasser möglich (chemische und pharmazeutische Produkte, Kunststoffe) (20).
7. NIR: Reflektionsmessung (21–29).
8. Mikrowellenmessgeräte: Analog zur NIR-Technik wird die Eigenschaft des Wassers, Mikrowellen einer bestimmten Wellenlänge zu absorbieren, ausgenutzt; Messzeit: ca. 1 Sekunde (z.B. Ölsaaten, Kakaobohnen, Kakaopulver, Kakaobutter, Kakaomasse, Zucker, Zuckerarten, Marzipan, Fruchtsaftkonzentrate, Aromen, Proteine, Pektin u.a.) (30–32).
9. NMR (Kernmagnetische Resonanzspektroskopie): Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes in diversen Lebensmitteln und Lebensmittelrohstoffen (z.B. Ölsaaten, Milchprodukte, Süsswaren, Cerealien) (32–36).
10. Radiometrie: Dichtebestimmung durch Absorptionsmessung von Gamma-Quanten. Als Quelle dient Am-241 (Zucker-, Getränke-, Milch-, Stärkeindustrie; zur Prozesskontrolle) (37, 38).

Ermittlung des Fettgehaltes

Bezugsmethoden sind die gravimetrischen Bestimmungen nach Extraktion mit einem geeigneten Lösungsmittel, die je nach Probenmaterial mit oder ohne vorge-

schaltetem Säure- bzw. Alkaliaufschluss vorgenommen werden. Bekannt sind diese Methoden unter den Namen ihrer Entwickler z.B. Weibull-Stoldt, Röse-Gottlieb, Schmid-Bondzynski-Ratzlaff bzw. Soxhlet (12–16). Hier gibt es eine Fülle verschiedener Schnellmethoden:

1. Densitometrie: Gemessen wird die spezifische Dichte eines Lösungsmittel-Fett-Gemisches mit Hilfe eines Auftriebkörpers (Lebensmittel, Fleischwaren) (39).
2. Refraktometrie: Gemessen wird der Brechungsindex eines α-Bromnaphthalin-Fett-Gemisches (Kakaoerzeugnisse, Süsswaren, Fleischwaren) (40).
3. Volumetrie: Messung des Volumens des Fettanteils bei Hackfleisch nach thermischem Ausschmelzen (41). *Bei Milch:* Auch die von Gerber bereits im Jahre 1892 als Schnellmethode für die Praxis entwickelte, im Lauf der Jahrzehnte immer wieder neu überarbeitete Bestimmung des Fettgehalts von Milch und Milcherzeugnissen gehört hierher. Gemessen wird das Fettvolumen im Butyrometer nach Freisetzung durch Schwefelsäureaufschluss und anschliessender Zentrifugation (42).
4. Röntgenabsorption: Diese Methodik wird eingesetzt bei Fleisch «wie gewachsen» (ca. 7 kg Probe). Gemessen wird die Absorption von Röntgenstrahlen beim Durchgang durch die Probe. Fett ist mineralarm, daher erfolgt eine geringere Absorption, je höher der Fettanteil der Probe ist (43, 44).
5. Radiometrie: Gemessen wird das Verhältnis von inelastischer und elastischer Streustrahlung (Compton-, Rayleighstreuung) bei Verwendung eines Am-241-Strahlers («weiche Gamma-Strahlen»; Am = Americium), (Fleischerzeugnisse, fetthaltige Lebensmittel) (45).
6. NIR/MIR: Reflektionsmessungen von nicht absorbierter Strahlung definierter Wellenlängen im nahen (NIR: 750...2500 nm) bzw. mittleren (MIR: 2500...aufwärts) Infrarotbereich (verschiedene Lebensmittel). Sehr interessantes Verfahren bei immer wiederkehrenden Probentypen (21–29, 46).
7. NMR: Mit üblicherweise eingesetzten Kernresonanz-Impuls-Spektrometern wird die Anwesenheit paramagnetischer Atomkerne, meist Protonen, ausgemessen. Relaxationszeiten können u.a. Auskunft geben über feste und flüssige Fettanteile in einer Probe (z.B. Fette, Kakaobutter: SFI = Solid Fat Index/Festfettanteil) (35–38, 47–53).
8. CM-Extraktion: Isolierung des Gesamtfettes aus Lebensmitteln mit Chloroform-Methanol-Extraktion und anschliessender gravimetrischer Bestimmung (54).
9. Caviezel®-Methode: Nach Extraktion mit simultaner alkalischer Verseifung des Fettes der Probe werden die Fettsäuren aus den Fettsäurekaliumsalzen freigesetzt und mittels Gaschromatographie (gepackte Säulen) nach der Methode des Internen Standards bestimmt. Die Methode ist geeignet für Proben mit Fettgehalten zwischen 0,2–100 % (55).

EXKURS NIR-Spektrometrie (NIRS) (56)

Die Anwendung spektrometrischer Analysen in Nahen Infrarot-Bereich (800–2500 nm) hat in den vergangenen Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Dies liegt sicherlich in dem wesentlichen Vorteil begründet, dass die Messungen vielfach ohne Probenvorbereitung ausgeführt werden können. Hinzu kommt als weiterer Vorteil, dass die Daten unmittelbar zur Verfügung stehen, so dass NIRS-Systeme hervorragend zur Prozesskontrolle und -regelung bei der Lebensmittelproduktion eingesetzt werden können. Einen gewissen Nachteil stellen die umfangreichen Kalibrierungs- und Validierungsanalysen dar, da sie sich durch Anwendung der betreffenden Referenzmethoden analytisch recht aufwendig gestalten und für jeden Analyten und jede Probenmatrix individuell zu erstellen sind.

Ermittlung des Eiweissgehaltes

Bezugsmethode ist die massanalytische Bestimmung des freigesetzten Ammoniaks nach Destillation und vorhergehenden Schwefelsäureaufschluss nach *Kjeldahl* (12–16). Als Schnellmethoden sind zu nennen:

1. Direktdestillation: Bestimmt werden die Anteile des Eiweissammoniaks, die ohne Aufschluss bei einer direkten alkalischen Destillation der Probe freigesetzt werden (Milch, Getreide, Saaten) (57).
2. Farbbindemethoden: Ausgenutzt wird die Eigenschaft der Proteine, Farbstoffe zu binden. Es handelt sich um eine photometrische Bestimmung des nicht durch Eiweiss gebundenen Farbstoffüberschusses. In der Milchuntersuchung ist diese Analyse als Amidoschwarzmethode bekannt (58).
3. NIR/MIR: Reflekionsmessungen (diverse Lebensmittel) (21–28, 46).
4. Dynamische Spontanverbrennung: Freigesetzter Stickstoff wird an einer GC-Säule gereinigt und als Peak mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor gemessen (Rohprotein, diverse Lebensmittel) (59).

Ermittlung des Kohlenhydratgehaltes

Bezugsmethoden sind die alten Reduktionsmethoden (z.B. nach Luff-Schoorl), polarimetrische Methoden oder in neuerer Zeit auch enzymatische Methoden (12–16) (siehe Tabelle 2). Folgende Schnellmethoden sind von Bedeutung:

1. NIR/MIR: Reflektionsmessungen (diverse Lebensmittel) (21, 23–30, 45, 54).
2. HPLC: Bei der Hochleistungs-Flüssig-Chromatographie werden die Kohlenhydrate (Zucker) aufgetrennt und dadurch einzeln erfasst (60–67).
3. Enzymatische Methoden: In einigen Fällen sind die Schnellmethoden z.T. selbst die Bezugsmethoden. Es handelt sich um sog. UV-Testsätze. Gemessen wird die Änderung der UV-Absorption photometrisch nach einer enzymatischen Umsetzungsreaktion (66, 68).
4. Pikrinsäuremethode: Erfassung der reduzierenden Zucker (Glucose, Fructose) in Kartoffeln für die Chipsindustrie mittels Farbreaktion und speziellem (LOVI BOND)-Komparator. Die Werte stimmen weitgehend mit den über die enzymatischen Methoden ermittelten Gehalte überein (17).

Weitere Qualitätsmerkmale

Zur Bestimmung von verschiedenen weiteren Qualitätsmerkmalen kommen äusserst unterschiedliche Methoden in Betracht. Im Folgenden soll eine begrenzte Auswahl von Schnellmethoden angegeben werden:

1. NIR: Aus NIR-Messungen können verschiedene Qualitätsmerkmale abgeleitet werden, z.B. für die Beurteilung der Malzqualität von Gerste, die Beurteilung der Backqualität von Weizen sowie der Beurteilung des Stärkeabbaugrades in Mehl (21). Ebenso kann die NIR zur Bestimmung der Ballaststoffe von Weizenkleie herangezogen werden (68).
2. Spezielle enzymatische Testsätze: Diverse Lebensmittel und Parameter (66, 67).
3. Teststäbchen-Reflektometrie: Gemessen wird die Farbintensität von Teststäbchenreaktionen reflektometrisch. Es liegt eine Untersuchung zur Bestimmung von folgenden Inhalts- bzw. Zusatzstoffen in Säften vor: Ascorbinsäure, Kalium, Nitrit/Nitrat, Sulfit (69).
4. Auch die ionenselektiven Elektroden – die sich insbesondere zur Bestimmung von Ionen in Wasser bzw. wässerigen Lösungen eignen – gehören ebenso zu dieser Kategorie wie viele andere Messmethoden mehr.
5. NMR: u.a. Bestimmung der Iodzahl und Schmelzeigenschaften von Fetten und Ölen (36).
6. Röntgenscanner: Zur Fremdkörperkontrolle für Steine, Glas, Knochensplitter, Gräten und Metall (Lebensmittel als lose geschüttete Güter, aber auch in Kartonverpackungen, Umkartons, metallisierte Verpackungen und Dosen) (70).
7. Sensoren/Chips/Sonden: Diese hochinteressanten, innovativen Gebilde stellen ein eigenständiges, auf gänzlich neuer Technologie/Technik basierendes, sich erst entwickelndes Gebiet dar (z.B. Sensor-Arrays zur Ermittlung sogenannter Odour-Maps oder DNA-Chips/Sonden bzw. Bio-Chips/Sonden zur Messung einer grossen Vielzahl von Proben in der biochemischen Forschung und Diagnostik bzw. zur Identifizierung von Mikroorganismen oder Verfälschungsbestandteilen in Lebensmitteln) (71–77).

EXKURS Sensoren

Die Entwicklung und Anwendung von Gassensorarrays hat in den letzten Jahren sprunghaft zugenommen. Eine Vielzahl von Sensoren und Sensorprinzipien ist möglich. Hauptsächlich werden drei Sensorprinzipien unterschieden: BAW-Sensoren (bulk acoustiv wave), CP-Sensoren (conducting polymer) und MOX-Sensoren (metaloxide). BAW-Sensoren werden auch als QMB (quartz microbalance)-Sensoren bezeichnet, da sie nach einem gravimetrischen Prinzip arbeiten. Dazu werden piezoelektrische Kristalle mit Materialien, wie sie auch in der GC-Analytik verwendet werden, beschichtet. Durch Absorption von Molekülen über die Gasphase ändert sich dann die Sensormasse, was zu einer Abnahme der Resonanzfrequenz führt und als Detektorsignal herangezogen werden kann. Sensoren auf Basis von leitfähigen Polymer können unterteilt werden in selbst leitfähige Polymerisate mit aufgebrachter funktioneller Schicht und in solche, die durch Einlagerung von Kohlenstoffpartikel leitfähig werden. Vermutlich sind Quellvorgänge und Ladungstransfer durch die

Gasmoleküle für die Änderung der Leitfähigkeit (Messprinzip) verantwortlich. MOX-Sensoren mit n-leitenden Halbleitern basieren auf einer Redoxreaktionen, die sich auf der Sensoroberfläche bei hoher Temperatur zwischen den Gasmolekülen und dem Sensorwerkstoff abspielt. Gemessen wird die Änderung des Widerstands durch die gebildeten Ladungsträger.

EXKURS DNA-/Bio-Chips (77)

Mit der DNA-/Bio-Chiptechnik bietet sich die Möglichkeit, grosse Probenzahlen durch Hybridisierungen an immobilisierten Sonden gleichzeitig zu analysieren und auszuwerten. Besonders für die biochemische Forschung und Diagnostik eröffnen sich den Expertenmeinungen zufolge viele, schnelle Anwendungen, wo bisher nur eine Reihe von langwierigen und teuren diagnostischen Verfahren zum Einsatz kommt. Allerdings steckt trotz der vielen Entwicklungen auf diesem Gebiet die DNA-Chiptechnik noch in den Kinderschuhen. Der Einsatz von DNA-/Bio-Chips zur Identifizierung von (pathogenen) Mikroorganismen und aus bestimmten Gründen interessierende Anwesenheit von Lebensmittelrohstoffen (z.B. Verfälschungsnachweis) befindet sich derzeit ebenfalls noch im Entwicklungs- bzw. teilweise bereits im Erprobungsstadium.

Grundsätzlich lassen sich zwei Verfahren zur Herstellung von DNA-Chips unterscheiden. Zum einen können Oligonukleotide beispielsweise mit photolitographischen Techniken an der Chipoberfläche synthetisiert werden, und zum anderen koppelt man vorher hergestellte Oligonukleotide oder DNA-Fragmente an die Chips. Bevorzugte Trägermaterialien für die Chips sind Glas, Kunststoff, mitunter auch Silicium, Gold oder poröse Nylonmembranen. Die gängigste Detektionsmethode in der DNA-Chiptechnik ist die Messung von Fluoreszenzsignalen. Dazu müssen sowohl die Proben-DNA-Fragmente als auch die immobilisierten Nukleotide mit Fluorescenzfarbstoffen markiert sein. Bevor die zu analysierende Probe auf den Chip gegeben wird, registriert ein Computer die genaue Position der auf dem Chip befestigten Oligonukleotide. Nach dem Zugeben der Probe hybridisieren dann die DNA-Stränge: Adenin bindet mit Thymin, Cytosin an Guanin und umgekehrt. Der Computer (mit hochauflösender Laserkamera) registriert die Lichtimpulse des Chips unter fluorescenz-anregender Strahlung und setzt aus ihnen ein Bild z.B. eines unbekannten Gens zusammen.

Die Firma Interactiva Biotechnologie in Ulm hat z.B. einen modularen Biochip «XNA on Gold» entwickelt, der auf einer 24karätigen Goldschicht von der Dicke eines zehntausendstel Millimeters eine sich selbst ausrichtende, langkettige Thioalkanschicht gekoppelt enthält, an die wiederum Streptavidinmoleküle gebunden sind. Über freie Bindungsstellen für Biotin kann Streptavidin nicht nur biotinylierte Nukleinsäuren, sondern auch Saccharide oder Peptide immobilisieren, so dass auf den Bio-Chips alle gängigen Biomoleküle binden können. Auf der Fläche eines Mikroskopobjektträgers ist Platz für zwei mal 96 Probenpunkte.

Fazit zum Substitutionstyp

Beim Vergleich der Ergebnisse von herkömmlichen Methoden mit denen von Schnellmethoden des Substitutionstyps sind evtl. systemimmanente Unterschiede in der Genauigkeit und Empfindlichkeit zu konstatieren. In der Regel bedeuten die zwingend notwenigen Kalibrierungsmessungen einen grossen Aufwand. Sind die Messfehler («Messunterschiede») nach Art und Grösse bekannt, kann das in einer entsprechenden Korrektur bzw. Kalibrierung berücksichtigt werden. Diese Schnell-

methoden sind in der Regel auf engumrissene oder spezielle Einsatzgebiete, oft auch auf bestimmte Konzentrationsbereiche beschränkt, was bei der Kontrolle in der Lebensmittelherstellung jedoch kein Nachteil ist, da die Matrix der Rohstoffe und Produkte bekannt und in der Art weitgehend konstant ist.

Zu beachten ist jedoch, dass den Methoden Grenzen u.a. durch stattfindende Reaktionen gesetzt sein können, wie z.B. bei der Anwendung der Wärmestrahlentrocknung (IR), wo besonders kohlenhydrathaltige Lebensmittel zu inter- und intramolekularer Wasserabspaltung bei eventuell möglicher lokaler Überhitzung neigen (78).

Schnellmethoden des Organisationstyps

Bei der Lebensmitteluntersuchung – wie sie z.B. von der amtlichen Überwachung und ihr gleichgestellten Stellen durchgeführt wird – ist in der Regel die Erfassung vieler verschiedener Parameter erforderlich. Die Liste der zu ermittelnden Substanzen ist äusserst umfangreich und heterogen und umfasst neben den Hauptbestandteilen der Lebensmittel auch Minorbestandteile wie Vitamine, Enzyme, Mineralien sowie weiterhin Zusatzstoffe und Kontaminanten bis hinab in den Spurenbereich.

Bekanntlich ist in bestimmten Fällen die Anwendung von amtlichen Methoden vorgegeben, jedoch besteht auf vielen Gebieten der Bedarf einer schnellen Analytik. Eine umfassende Aufzählung ist verständlicherweise nicht möglich, da hier das gesamte Gebiet der Lebensmittelanalytik abzudecken ist, so dass nur einige wichtige Methoden herausgegriffen werden können.

Tabelle 3 enthält Angaben über Schnellmethoden des Organisationstyps. Die Methoden sind nach dem Grundprinzip der Messungen geordnet und enthalten jeweils ein oder mehrere Anwendungsbeispiel/e.

Chromatographie

1. Bei der Very-High-Speed Liquid Chromatography (VHS-LC) ist der Hinweis auf die sehr hohe Geschwindigkeit bei der Durchführung der Methode bereits in der Bezeichnung enthalten. Trennungen, d.h. Analysen liegen innerhalb nur weniger Minuten vor (79–82).
2. Automatisierte HPLC-Systeme befinden sich zur Zeit von vielen Firmen im Angebot. Insbesondere werden derartige Systeme für eine schnelle Aminosäureanalytik propagiert (83, 84). HPLC-Systeme lassen sich aber fast universell einsetzen (62, 63, 65, 83, 85). Auch die Ionen-Chromatographie mit ihren verschiedenen Varianten gehört hierher (65, 86, 87).
3. Prozess-Gaschromatographie (88).
4. Bei der Head-Space-Gaschromatographie (HS-GC) ist eine schnellere Analytik deshalb möglich, weil der «Kopfraum» einer Probe direkt in das chromatographische Trennsystem eingebracht wird und dadurch eine in der Regel obligatorische Probenaufarbeitung entfällt (89–91).

Tabelle 3
Schnellmethoden des Organisationstyps – Beispiele

Grundprinzip	*Schnellmethode*	*Anwendungsbeispiele*
Chromatographie	Very High Speed LC	Konservierungsstoffe
	Auto.-HPLC-Systeme	Aminosäuren
	Head Space GC	Aromastoffe/flüchtige Verb.
	Flash Chromatography	Isolierung/Probenaufbereitung
Spektrometrie/ Spektrophotometrie	Fourier-Transform-Technik	Identifizierung/Spektren
	Dioden-Array-Technik	Identität/Spektren
	ICP-AES	Multi-Elementanalyse
	GC/MS-Organisation	Diethylenglykol
	Spezial-Photometer	Verschiedenes
Photometriekombination mit Enzymatik/ Farbreaktionen u.a.	Zentrifugalanalysator	Organische Säuren/ Kohlenhydrate
	Flow Injection Analysis	Diverse
Colorimetrie	Test-Kits (Farbkarten/ Farbkomparatoren)	Wasseranalytik
Amperometrie	Titrier-Automaten (z.B. KF)	Wassergehalt
Kjeldahl-Methode	Kjel-Foss-Automatic*	Proteingehalt

* nicht mehr erhältlich

5. Die Flash-Chromatographie – übersetzt als «blitzschnelle» Chromatographie – ist eine optimierte Niederdruck-Säulen-Chromatographie, die sich insbesondere zur schnellen Probenaufarbeitung für verschiedene Problemstellungen hervorragend eignet (92–94).

Spektrometrie/Spektrophotometrie

1. Die Fourier-Transform-(FT)Technik erlaubt eine wesentlich schnellere Aufnahme von Spektren, da nicht mehr über den gesamten Messbereich sukzessive abgescannt werden muss, sondern aus einem kurzen Messsignal das Spektrum rechnerisch ermittelt wird (25, 95). Ähnlich schnell – wenn auch nach einem anderen Prinzip – arbeiten Dioden-Array-Photometer (96).
2. Die Atomemissionsspektrometrie (AES) mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP) gestattet die simultane Erfassung vieler Elemente, so dass diese Methode bei derartig gelagerten Problemstellungen schnell eine Fülle von Ergebnissen liefert (Multikomponenten-Methode) (96, 98).
3. Auch die Gas-Chromatographie/Massenspektrometrie-Kopplung (GC/MS) in hochorganisierter Form kann im Spezialfall den Schnellmethoden zugeordnet werden (5) (vgl. ferner hierzu (90)).
4. In vielen Laboratorien ist die quantitative Bestimmung von Nukleinsäuren, Proteinen und bakterielle Zelldichte zur Routinemethode geworden. Die dafür zur Verfügung stehenden Spektrophotometer sind überwiegend aufwendig und unnötig zeitraubend in der Bedienung. Neu entwickelte sog. selbsterklärende

und leistungsstarke Spezialphotometer mit extra für diesen Anwendungszweck entwickelten Einmal-Kunststoffküvetten führen zur schnelleren Erledigung der Aufgaben (99).

Photometriekombinationen

1. Von grossem Interesse bei den photometrischen Schnellmethoden ist die Kombination mit der Enzymatik. So gestatten z.B. Zentrifugalanalysatoren (wie der COBAS FARA) die Automatisierung von photometrischen Messungen und sind aus diesem Grund insbesondere zur enzymatischen Analyse gut geeignet (100). Das Prinzip basiert auf der Zentrifugalmischung und anschliessender longitudinaler Messung in rotierenden Küvetten. Die angegebenen Beispiele betreffen die Fruchtsaftanalytik (101).
2. Zu den photometrischen Schnellmethoden kann auch die Kombination von Flow Injection Analysis (FIA, Fliessinjektionsanalyse) mit Photometern als Detektoren gezählt werden. Reaktion und Umsetzungen finden in dünnen Schläuchen (Kapillaren) statt. Die FIA ist besonders für hohen Probendurchsatz geeignet (101–103). Auf diese Weise können enzymatische oder chemische Farbreaktionen automatisiert werden. Die FIA kann aber u.a. auch mit ionenselektiven Elektroden oder der AAS zur Detektion gekoppelt werden.
3. Diese Methoden kommen ursprünglich aus der klinischen Chemie, haben aber bereits verstärkten Eingang in die schnelle Lebensmittelanalytik gefunden.

Colorimetrie

Bei der Colorimetrie sollen vornehmlich Test-Kits angesprochen sein, wie sie vielfach für eine schnelle Charakterisierung bzw. Beurteilung der Wasserqualität Verwendung finden. Hierbei wird häufig mit Farbkarten oder Farbkomparatoren für (semi)-quantitative Aussagen gearbeitet (104, 105).

Weitere Methoden

Von Bedeutung sind ferner Titrierautomaten wie beispielsweise die Karl-Fischer-Automaten zur Wasserbestimmung. Letztendlich gehört auch die automatisierte Kjehldahl-Methode zur schnelleren Eiweissbestimmung zu den Methoden des Organisations-Typs (KJEL-FOSS-Automatic: nicht mehr erhältlich).

Fazit zum Organisationstyp

Da das zu Grunde liegende Messprinzip der herkömmlichen Methode bei Anwendung von Schnellmethoden des Organisationstyps im Grundsatz beibehalten wird, sind die Ergebnisse im allgemeinen gut vergleichbar und ein besonderer Kalibrierungsaufwand ist nicht erforderlich.

Schlussbetrachtung und Ausblick

In einer Allegorie sollen zum Abschluss symbolisch die wichtigsten Stufen der Rechnerentwicklung, die sich sinngemäss auch auf Schnellmethoden übertragen lassen, betrachtet werden (vgl. Abb. 3). Dargestellt ist das Lösen einer komplexen mathematischen Aufgabe mit den Hilfsmitteln:

1. Papier und Bleistift: Die zur Rechnung benötigten Hilfsmittel Papier und Bleistift lassen sich auf einer Ebene vergleichen mit den Laborgerätschaften, Reagenzglas und Bunsenbrenner, sind also vom instrumentellen Aufwand her relativ gering. Die Einsatzgebiete sind eigentlich nicht begrenzt, wobei die Schnelligkeit eher gering und die Genauigkeit sowie die Empfindlichkeit bei sorgfältiger Arbeitsweise als gross angesehen werden können.
2. Rechenschieber: Viele spezielle Geräte zur Schnellbestimmung gleichen in der Entwicklungsstufe eher dem Rechenschieber – natürlich gibt es Ausnahmen. Konzipiert für spezielle Anwendungen ist der instrumentelle Aufwand deutlich höher, aber nicht sehr gross. Die Methoden sind recht schnell, jedoch relativ «ungenau» und wenig empfindlich. Es fällt auf, dass diese Instrumente in der Regel dem Substitutionstyp zuzuordnen sind.
3. Elektronischem Rechner (PC): Durch die weiterführenden Entwicklungen in der Technologie und durch den zunehmenden Einsatz von elektronischen Rechnern (Datenverarbeitung) lassen sich auch im Bereich der Analytik schwierige Probleme sehr schnell, genau sowie empfindlich lösen und ggf. automatisieren. Der instrumentelle Aufwand kann dabei grosse Ausmasse annehmen. Die Einsatzgebiete sind im Prinzip unbegrenzt. Diese Systeme lassen sich eher der Kategorie des Organisationstyps zuordnen.

Kriterien			
■ Instrumenteller Aufwand:	nein	gering	(sehr) gross
■ Einsatz:	umfassend	eng begrenzt	offen
■ Schnelligkeit:	gering	schneller	(sehr) schnell
■ Genauigkeit:	gross	gering	gross
■ Empfindlichkeit:	gross	gering	gross

Abbildung 3 **Allegorie – Entwicklung von Rechenmethoden ⇔ Schnellmethoden**

Akzeptiert man diesen Vergleich, so sollte das für die zukünftigen Möglichkeiten auf dem Sektor der Schnellmethoden bedeuten, dass durch die zu erwartenden High-Tech-Fortschritte auf vielen analytischen Gebieten die Entwicklung noch mehr als schon bisher in Richtung des Organisationstyps tendieren dürfte.

Grundsätzlich sollte man sich jedoch immer wieder klarmachen, dass jeder Analysenmethode Grenzen gesetzt sind, einmal hinsichtlich der Selektivität und Flexibilität, zum anderen im Hinblick auf die Nachweisgrenze und Reproduzierbarkeit. Diese Faktoren sollten vor der Auswahl einer analytischen Methode überdacht und gegeneinander abgewogen werden. Als weitere Entscheidungsgrundlagen kommen neben dem hier im Mittelpunkt des Interesses stehenden Zeitbedarfs nicht zuletzt auch Kostenaspekte sowie umwelt- und arbeitsschutzbezogene Aspekte hinzu.

Häufig sind viele Verbesserungen bezüglich eines schnelleren Arbeitsablaufes aber ganz einfach ohne grosse Änderungen an der analytischen Methodik zu haben: In Labors sind vielfach die Wege zum Messgerät zu lang, und kommt der Anwender dann zum Gerät, ist es entweder nicht eingeschaltet, nicht messbereit oder besetzt, weil ein anderer daran arbeitet. Deshalb kann schon eine vernünftige, optimierte Ausstattung – und damit die Organisation – eines Labors entscheidend zum Faktor *Schnelligkeit* beitragen. So ist es meistens günstiger ausreichend viele Messgeräte eines speziellen Typs zu haben, d.h. mehrere, aber vielleicht einfachere Geräte, als *ein* einziges Super-Universalgerät.

Zusammenfassung

Schnellmethoden zur Untersuchung und Beurteilung von Lebensmitteln und ihren Rohstoffen gehören nach wie vor zu den aktuellen Themen der anwendungsbezogenen analytischen Chemie und Lebensmittelchemie. Aufgrund von vielen Fortschritten bei den modernen Geräteentwicklungen und in der instrumentellen Analytik sowie der Einführung von Qualitätsmanagementsystemen ist ein steigendes Interesse an derartigen Methoden ungebrochen, ohne dass jedoch klare und einheitliche Vorstellungen darüber existieren, was den eigentlichen Charakter einer Schnellmethode ausmacht.

Die Charakterisierung des Begriffs *Schnellmethode* sowie eine Standortbestimmung im Spannungsfeld zwischen Möglichkeiten und Grenzen wird in dieser Übersichtsarbeit ausführlich und nachvollziehbar vorgenommen. Gemäss der angegebenen Kriterien können zwei Kategorien von Schnellmethoden unterschieden werden: Substitutionstyp und Organisationstyp. Diese Kategorisierung ist hilfreich für ein vertiefendes Verständnis. In der anschliessenden methodenorientierten Darstellung der Leistungsfähigkeit und Anwendbarkeit von Schnellmethoden werden die allgemein wichtigsten Varianten zur Erfassung relevanter Parameter bei der Lebensmittelherstellung bzw. -überwachung referiert und an ausgewählten Beispielen erläutert.

Résumé

Des méthodes rapides pour l'analyse et l'évaluation des aliments et des matières premières qui leurs sont associés font partie des discussions sur les applications de la chimie analytique et alimentaire orientée à ce secteur. Dus aux progrès réalisés dans le développement d'équipement et d'instruments modernes d'analyse, on a pu

remarquer une progression dans l'intérêt porté à ce genre de méthodes malgré le manque d'idée claire et uniforme sur le charactère proprement dit d'une méthode rapide.

Le but de cet exposé est de tenter de charactériser les termes et d'en déterminer la position dans ce complexe conflictuel situé entre possibilités et limites. En accord avec les critères déjà mentionnés, on peut distinguer deux catégories de méthodes rapides: les méthodes de substitution et les méthodes d'organisation. Finalement, les méthodes rapides pour la détermination des paramètres associés à la production et à la surveillance de produits alimentaires sont décrites avec l'utilisation de méthodes représentatives et sont expliquées avec l'appui d'exemples sélectionnés.

Summary "Rapid Methods in Food Analysis: Possibilities and Limits – An Overwiew"

Rapid methods for examination and evaluation of food and associated raw materials belong to the current topics of the application oriented analytical chemistry and food chemistry. Due to progress in development of modern equipment and instrumental analysis an increasing interest in such methods can be seen, even though no clear or uniform ideas exist on the actual character of a rapid method. This review attempts to characterize the term and to determine its position in the area of conflict between possibilities and limits. According to the above mentioned criteria two categories of rapid methods can be distinguished: the substitution type and the organization type. Finally, rapid methods for determination of relevant parameters in food production and food surveillance are described using method-oriented representations and are explained using some selected examples.

Key words

Rapid methods, Food analysis, Analytical methods, Substitutions type, Organizations type

Literatur

1 *Matissek, R.:* Schnellmethoden in der Lebensmittelanalytik – Möglichkeiten und Grenzen. In: Baltes, W. (Hrsg.), Schnellmethoden zur Beurteilung von Lebensmitteln und ihren Rohstoffen, 21–45. Behr's Verlag, Hamburg 1995.

2 *Matissek, R.:* Rapid methods for food analysis – Possibilities and limits. In: Baltes, W. (Ed.), Rapid methods for analysis of food and food raw material, S. 21–44. Behr's Verlag, Hamburg 1990.

3 Chemisches Untersuchungsamt Hannover: Verfahren zur Bestimmung von Strontium-90 in Milch – Schnellmethode. Methode E-Sr-90-Milch-02–01 (1984).

4 *Morfeld, U.:* Private Mitteilung (1986).

5 *Kuhlmann, F.:* Schnellmethode zur Bestimmung von Diethylenglykol in Wein. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **82,** 84–85 (1986).

6 *Lehmann, G.* und *Ganz, J.:* Nachweis von Diethylenglykol in Wein. Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. **181,** 362 (1985).

7 *Führling, D.* und *Wollenberg, H.:* Zur Bestimmung von kleiner Mengen von Diethylenglykol in Wein I. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **81,** 325–328 (1985).
8 *Littmann, S.:* Zur Bestimmung kleiner Mengen von Diethylenglykol in Wein II. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **81,** 328–329 (1985).
9 *Drosdowski, G.* (Hrsg.): Duden – Das grosse Wörterbuch der deutschen Sprache. Bd. 4, Bibliographisches Institut, Mannheim 1978.
10 *Drosdowski, G.* (Hrsg.): Duden – Das grosse Wörterbuch der deutschen Sprache. Bd. 5, Bibliographisches Institut, Mannheim 1980.
11 *Raugel, P.-J.:* Rapid food analysis and hygiene monitoring – kits, instruments and systems. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Singapore, Tokyo 1999.
12 *Matissek, R., Schnepel, F.-M.* und *Steiner, G.:* Lebensmittelanalytik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Paris, Tokyo 1992.
13 Bundesgesundheitsamt (Hrsg.): Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG. Beuth Verlag, Berlin, Köln
14 *Schormüller, J.* (Hrsg.): Handbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag, Berlin 1965.
15 *Rauscher, K., Engst, R.* und *Freimut, U.:* Untersuchung von Lebensmitteln. VEB-Fachbuchverlag, Leipzig 1986
16 *Beythien, A.* und *Diemair, W.:* Laboratoriumsbuch für den Lebensmittelchemiker. Verlag Liedl, München 1970.
17 *Putz, B.:* Chips und Sticks aus frischen Kartoffeln. Süsswaren **36**:12, 18–23 (1992).
18 *Millies, K.,* und *Bürkin, M.:* Anwendung der Refraktometrie zur Produktkontrolle in Fruchtsaftbetrieben – Messwertkorrekturen. Flüssiges Obst **51,** 629–632 (1984).
19 *Ahlgrimm, H.J.:* Zur dielektrischen Bestimmung des Feuchtegehaltes von Lebensmitteln. Z. Lebensm. Technol. Verfahrenstechn. **28,** 305–311 (1977).
20 *Grobecker, K.H., Conneely, P., Pertsch, T.* und *Wagner, R.:* Die umweltfreundliche Alternative zur Karl-Fischer-Tration. LaborPraxis **18,** 84–91 (1994).
21 *Kortüm, G.:* Reflexionsspektroskopie. Springer-Verlag, Berlin 1969.
22 *Osborne, N.G.:* Principles and practice of near infra-red (NIR) reflectance analysis. J. Food Technol. **16,** 13–18 (1981).
23 *Rudzik, L.:* MIR-NIR in Lebensmitteln. GIT Supplement **2**/86 Lebensmittelchemie, 30–34 (1986).
24 Technicon Instruments, Tarrytown USA (Hrsg.): Infra Alyzer zur Konzentrationsmessung von Inhaltsstoffen durch Reflektionsmessung im NIR. Informationsschrift
25 Technicon Instruments, Bad Vilbel (Hrsg.): Infra Alyzer zur Konzentrationsmessung von Inhaltsstoffen. Seifen Öle Fette Wachse **105,** 439 (1979).
26 *Meygack, U.:* NIR – Die Ulbrichtsche Kugel sammelt das Licht. Chem. Rdsch. **39**:9, 16 (1986).
27 Berwind Instruments, Wheldrake England (Hrsg.): Schnelles Infrarot-Analysengerät für Milch und Molkereiprodukte, Kurzbericht. Z. Lebensm. Technol. Verfahrenstechn. **32,** 152 (1981).
28 *Prüfer, H.:* NIR-Spektroskopie – Analytik in nahen Infrarot zur Qualitäts- und Prozesskontrolle. Kontrolle Nr. 5, 11–13 (1986).
29 Polytec, Waldbronn (Hrsg.): Applikationsbericht: On-line-Bestimmung des Fett- und Wassergehaltes in der Produktion von Milchprodukten. APKAT/TASONST; KATRINA Protonics On-line Process Monitoring & Control, Fully Solid State with Fiber Optics. Informationsschrift (1991).
30 *Sitzmann, W., Engel, W.* und *Weber, K.:* Die Bedeutung der on-line Feuchtemessung bei der Ölsaatenverarbeitung. Fat. Sci. Technol. **94,** 561–566 (1992).
31 *Krahl, T.:* Mikrowellen-Analysensysteme helfen Kosten sparen – Schnelle Feuchtigkeitsbestimmung. Kontrolle Nr. 9, 46 (1994).

32 Tews Elektronik, Hamburg: Mikrowellen-Feuchtemessgerät MW 2300 für den Prozess- und Laboreinsatz. Kakao+Zucker 46:7+8, 5 (1994).
33 Bruker Analytische Messtechnik, Rheinstetten (Hrsg.): Minispec. pc 100. Informationsschrift NMR/B 401/2/10.91 (1991).
34 Bruker Analytische Messtechnik, Rheinstetten (Hrsg.): An introduction to analytical applications of low resolution NMR; Minispec. Application Note 30.
35 Bruker Analytische Messtechnik, Rheinstetten (Hrsg.): Minispec. pc 100–Typical applications food industry. Informationsschrift NMR/B 1001/2/5/92 (1992).
36 Oxford Instruments, Abingdon, England (Hrsg.): QP 20–Pulse NMR for Quality Control. Informationsschriften (1992).
37 *Sprissler, G.:* Genehmigungsfreie radiometrische Dichtemessung mit Am-241. Z. Lebensm. Technol. Verfahrenstechn. **29,** 315–317 (1978).
38 Berthold Kernstrahlungsmessgeräte für Industrie, Wissenschaft und Medizin, Wildbad (Hrsg.): Radiometrische Dichtemessanlagen. Informationsschriften (1980–1984).
39 *Montag, A.:* Zur densitometrischen Fettbestimmung in milcheiweissreichen Erzeugnissen mit dem FOSS-LET-Gerät. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **69,** 470–472 (1973).
40 *Fincke, A.:* Handbuch der Kakaoerzeugnisse, 428. Springer-Verlag, Berlin 1965.
41 Hobart Maschinen, Offenburg (Hrsg.): Fett-Tester Mod. F-101. Informationsschrift PR-1074-080, Heft 1–6/4 (1978).
42 DIN 10310 (1970): Bestimmung des Fettgehaltes von Milch nach dem Gerber-Verfahren. Vgl. (13) L01.00-8 (1981).
43 *Seffelaar & Looyen,* Odenzaal Holland (Hrsg.): Anly-Ray/Bestimmung des Fettgehalts eines Fleischmusters mit X-Strahlen; Selo Bulletin Ablage 12 5-5-71-1 (1978).
44 *Madigan, J.J.:* Grundlagen für Fleischanalysen und Standardisierung des Rohmaterials; Informationsschrift Anyl-Ray Corporation, Waltham, Massachusetts, USA (1978).
45 *Schätzler, H.P.* und *Kühn, W.:* Zerstörfreie Schnellbestimmung des Fettgehaltes von Fleisch und anderen fetthaltigen Nahrungsmitteln. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. **32,** 126–128 (1978).
46 *Buckenhüskes, H., Harrer, M.* und *Gierschner, K.:* Quantitative Bestimmung von Inhaltsstoffen in Schokoladenmassen mit Hilfe von NIR-Messungen. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. **40,** 40–41 (1986).
47 Bruker Analytische Messtechnik, Rheinstetten (Hrsg.): Minispec. p 20. Informationsschrift (1979).
48 *Weisser, H.:* NMR spectroscopy in the food industry; Bruker Application Note (1979).
49 *Kohn, R.:* Anwendung der Kernresonanz-Spektroskopie in der Lebensmittelanalytik. Fette Seifen Anstrichm. **68,** 795–798 (1966).
50 *McCarten, J.:* Fat analysis in margarine base products. Bruker Application Notes (1979).
51 *Van Putte, K.:* Pulse NMR as routine method in the fat and margarine industry I–III. Bruker Application Notes (1979).
52 *McCarten, J.:* Determination of the fat content and solid-to-liquid ratio in cocoa products with the minispec p 20 NMR Process Analyzer. Bruker Application Note (1979).
53 *Foord, E.* und *Denker, D.:* Neue Entwicklungen zur Messung des Gesamtfettgehaltes in Kakao und Schokoladenprodukten; Lebensmittelchemie **54,** 37 (2000).
54 *Hallermayer, R.:* Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Fettgehaltes in Lebensmitteln. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **72,** 356–359 (1976).
55 *Gertz, C.* and *Fiebig, H.-J.:* Determination of fat contant by Caviezel® method (rapid method). Eur. J. Lipid Sci. Technol. **102,** 154–158 (2000).
56 *Bünig-Pfaue, H., Harder, J.* und *Diller, M.:* Aktueller Entwicklungsstand und Perspektiven von NIRS; Zucker- und Süsswarenwirtschaft ZSW **53,** 54–57 (2000).

57 *Schmütz, W.* und *Do, Q.N.:* Eiweiss-Schnellbestimmung mit dem Direktdestillations-Verfahren. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **75,** 398–400 (1979).
58 *Kiermeier, F.* und *Lechner, E.:* Milch und Milcherzeugnisse, 256. Verlag Paul Parey, Berlin 1973.
59 Fisons Instruments, Mainz-Kastel (Hrsg.): NA2000 Stickstoff- und Proteinanalysator, Einfach die beste Alternative zur Kjeldahl-Methode. Informationsschrift 88725039G, NA 2000 FL(G)-06/93 (1993).
60 *Bauer, H., Quast, H., Shalaby, A.* und *Rocek, P.:* HPLC von Kohlenhydraten; LaborPraxis Spezial '86 Chromatographie Spektroskopie, 64 (1986).
61 Millipore Corporation, Eschborn (Hrsg.): Kohlenhydratanalyse in sechs Minuten; Waters Aktuell Ausgabe Nr. 6, 4 (1986).
62 *Macrae, R.:* Applications of high pressure liquid chromatography to food analysis. J. Fd. Technol. **15,** 93–96 (1980).
63 *Fogy, I., Fioresi, C., Schmid, E.R.* und *Markl, P.:* HPLC in der Lebernsmittelanalytik. Kontakte (Merck) Nr. 2, 24 (1980).
64 *Galensa, R.:* Components in foods with a high carbohydrate content. Siehe (65) 87–117 (1992).
65 *Matissek, R.* and *Wittkowski, R.* (Hrsg.): High performance liquid chromatography in food control and research. Behr's Verlag, Hamburg 1992.
66 Boehringer, Mannheim (Hrsg.): Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik. Informationsschrift (1980).
67 Boehringer, Mannheim (Hrsg.): Die enzymatische Lebensmittelanalytik. Heft 1–6/4.
68 *Horvath, I., Norris, K.H., Horvath-Mosonyi, M., Rigo, J.* und *Hegedüs-Voölgnesi, E.:* Untersuchung zur Bestimmung der Ballaststoffe von Weizenkleie nach dem NIR-Verfahren. Acta Alimenta **13,** 355 (1984); Ref. in Z. Lebensm.-Unters.-Forsch. **182,** 76 (1984).
69 *Schwedt, G.:* Teststäbchen-Reflektometrie für Ascorbinsäure, Kalium, Nitrat/Nitrit und Sulfit in Lebensmitteln. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **82,** 111–116 (1986).
70 DK-Kälteanlagen, Emsdetten: Fremdkörperkontrolle mit Röntgenscannern. Der Lebensmitelbrief **11,** 81 (2000).
71 AromaScan, Grewe, UK (Hrsg.): AromaScan – Intelligente Sensor Technologie. Informationsschrift (1994).
72 *Schmid, R.D.* und *Bilitewski, U.:* Biosensoren; Chemie in unserer Zeit **26,** 163–173 (1992).
73 *Bucsis, L.:* Analytik mit Biosensoren. LaborPraxis **19,** 56–60 (1995).
74 *Bucsis, L.:* Ergebnisse in 90 Sekunden – Schnellbestimmung von Zuckern mit Biosensoren. Süsswaren **40,** 27 (1996).
75 *Bucsis, L.:* Schnelle Lebensmittelanalytik mit Biosensoren. CLB Chemie in Labor und Biotechnik **48,** 230–233 (1997).
76 *Bucsis, L.:* Biosensorische Schnellanalytik von Süsswaren. Zuckerindustrie **123,** 502–504 (1998).
77 *Kerk, A.:* DNA-Chips: Diagnostik vom Fliessband? Nachr. Chem. Tech. Lab. **47,** 777–779 (1999).
78 *Untze, W.:* Zur Einrichtung eines Betriebslabors und zur Durchführung von lebensmittelchemischen Untersuchungen. In Florin, U. and Lehmann, D. (Hrsg.): BDL-Spectrum 1, 151ff. Behr's Verlag. Hamburg 1982.
79 *Dicesare, J.L., Dong, M.W.* and *Ettre, L.S.:* Very-high-speed liquid chromatography I. The system and selected applications. Chromatographie **14,** 257–268 (1981).
80 *Dicesare, J.L., Dong, M.W.* and *Atwood, J.G.:* Very-high-speed liquid chromatography II. Some instrumental factors influencing performance. J. Chromatogr. **217,** 369–398 (1981).
81 *Dong, M.W.* and *Dicesare, J.L.:* Very high-speed liquid chromatography III. Quantitative Analysis of Parabens in Cosmetic Products. J. Chromatogr. Sci. **20,** 49–54 (1982).
82 *Matissek, R.:* Modern HPLC – fundamentals and developments. Siehe (65) 19–61 (1992).

83 Millipore Cooperation, Eschborn (Hrsg.): Hochempfindliche Analyse physiologischer Aminosäuren. Waters Aktuell, Ausgabe Nr. 6, 4 (1986).
84 Hewlett-Packard, Bad Homburg (Hrsg.): Automatisierte Methode für die Bestimmung von Aminosäuren. PEAK **8**; Nr. 2/3, 5 (1986).
85 *Schwedt, G.:* Spezielle HPLC-Techniken in der Lebensmittelanalytik. LaborPraxis **8,** 1028–1032 (1984).
86 *Franklin, G.O.:* Development and applications of ion chromatography. International Laboratory **15**:6, 56–68 (1985).
87 *Harrison, K., Beckham, W.C., Yates, T.* and *Carr, C.D.:* Rapid, cost-effective ion chromatography. International Laboratory **16**:3, 90–94 (1986).
88 *Clauss, F., Mahler, H.* und *Maurer, T.:* 15 Jahre Kapillarsäulen in der Prozess-Gaschromatographie. LaborPraxis **17,** 50–53 (1993).
89 *Kolb, B.:* Anwendung der Headspace Analysis. LaborPraxis **6,** 4–8 (1982).
90 *Wittkowski, R.* and *Matissek, R.* (Hrsg.): Capillary gas chromatography in food control and research. Behr's Verlag, Hamburg 1992.
91 *Vieths, S.:* Headspace gas chromatography of highly volatile compounds. Siehe (90) 277–324 (1992).
92 *Still, W.C., Kahn, M.* and *Mitra, A.:* Rapid chromatographic technique for preparative separations with moderate resolution. J. Org. Chem. **43,** 2923–2924 (1978).
93 *Matissek, R.* und *Häussler, M.:* Flash-Chromatographie – Eine schnelle Niederdruck-Säulenchromatographie zur Trennung präparativer Probenmengen. Dtsch. Lebensm.-Rdsch. **81,** 50–52 (1985).
94 *Seifert, J.:* Flash-Chromatographie. CLB Chemie in Labor und Biotechnik **45,** 411–413 (1994).
95 *Oelichmann, J.* und *Rau, A.:* Mikro-Methoden in der FTIR-Spektroskopie. LaborPraxis **10,** 958–961 (1986).
96 *Owen, T.* und *Emmert, J.:* Diodenarray-Technik für Routineanalysen. LaborPraxis **10,** 1512 (1986).
97 *Schrader, W., Grobenski, Z.* und *Schulze, H.:* Einführung in die AES mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP). Heft 28, Angewandte Atom-Spektroskopie (Perkin-Elmer) 1981.
98 *Kahn, H.L.:* AAS oder ICP – Jede Technik hat ihre eigenen Vorteile. Kontrolle **2,** 11–14 (1983).
99 *Benecke, R.:* Spektroskopie – Die neue Generation in der quantitativen Analytik. GIT Labor-Fachzeitschrift **44,** 844–847 (2000).
100 Hoffmann-La Roche, Basel (Hrsg.): Cobas FARA – Eine neue Dimension der Zentrifugalanalyse. Informationsschrift 1984.
101 *Scheuermann, C., Fischer-Ayloff-Cook, K.P.* und *Hofsommer:* Ausgewählte moderne Laborgeräte für Fruchtsaftbetriebe. Confructa Studien **30,** 162–164 (1986).
102 *Möller, J.:* FIA – Eine neue Analysenmethode. LaborPraxis **6,** 278–283 (1982).
103 *Hansen, E.H.:* Recent advances in flow injection analysis. International Laboratory **15**:8, 14–17 (1986).
104 Merck, Darmstadt (Hrsg.): Schnelltest Handbuch. Informationsschrift 1985.
105 *Koch, E.:* Schnelltests zur Umweltanalytik. In: Fresenius, W./Günzler, H./Huber, W./Lüderwald, I./Tölg, G./Wisse, H. (Hrsg.): Analytiker-Taschenbuch, Bd. 5, 183–197. Springer-Verlag, Berlin 1985.

Prof. Dr. Reinhard Matissek, Lebensmittelchemisches Institut (LCI) des Bundesverbandes der Deutschen Süsswarenindustrie e.V., Adamsstrasse 52–54, D-51063 Köln