

FEHLERMOEGLICHKEITEN BEI DER PROBENAHME VON LEBENSMITTELN  
ZUR RADIOAKTIVITÄTSBESTIMMUNG

R. Schelenz<sup>1</sup>, N. Hoffmann<sup>2</sup>, E. Fischer<sup>1</sup>  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung  
Engesserstraße 20, D-7500 Karlsruhe 1

Einleitung

Art und Anzahl der Proben und die Auswahl der Probenahmeorte richten sich nach der "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" und nach der in Vorbereitung befindlichen "Richtlinie für die Überwachung Radioaktivität in der Umwelt".

Um jedoch miteinander vergleichbare Ergebnisse bei der Radioaktivitätsmessung in Lebensmitteln verschiedener Meßstellen zu erhalten, ist es außerdem erforderlich, auch die praktische Durchführung der Probenahme zu vereinheitlichen. Anregungen zur einheitlichen Probenahme und Probenvorbereitung von Lebensmitteln sind in der Amtlichen Sammlung von Untersuchungsverfahren nach Paragraph 35 Lebensmittelgesetz enthalten.

Bezugsgrößen

Die Unsicherheit im Vergleich von Analysenergebnissen beginnt bei der Angabe der gemessenen Aktivitätskonzentrationen. Eine Auswahl von Bezugsgrößen für Aktivitätsangaben enthält die Tabelle 1. Es sind Bezugsgrößen wie sie in der Praxis vorkommen. Ein Vergleich der Ergebnisse von z.B. 2 verschiedenen Proben Kopfsalat ist nicht möglich, wenn sie auf das Anlieferungsgewicht und Trockengewicht bezogen werden. Selbst bei Angabe des Wasserverlustes für den trockenen Salat der einen Probe kann nicht auf den Wasserverlust von der Ernte bis zur Anlieferung der 2. Salatprobe geschlossen werden. Ähnliche Schwierigkeiten treten beim Vergleich anderer in der Tabelle 1 genannten Bezugsgrößen auf.

---

<sup>1</sup> Zentrallaboratorium für Isotopentechnik

<sup>2</sup> Institut für Verfahrenstechnik

Ein für die Praxis gangbarer Weg zur Vereinheitlichung ist die Bezugnahme der Aktivitätskonzentrationen verschiedener Lebensmittelproben gleicher Art auf die Feuchtmasse mit Angabe des Wassergehaltes oder der Bezug der Aktivität auf die Trockenmasse. Aus Nährwerttabellen kann dann z.B. der durchschnittliche Wassergehalt des erntefrischen Lebensmittels entnommen werden, um die vergleichbare Aktivität der Feuchtmasse zu erhalten. Der Begriff Gewicht sollte nach Einführung der SI-Einheiten durch den Begriff Masse ersetzt werden.

Ein ähnliches Problem stellt sich bei der Vergleichbarkeit numerischer Angaben für die Nachweisgrenze bei Radioaktivitätsmessungen. Meist wird die Nachweisgrenze masse- (kg) oder volumenbezogen (l) angegeben. Um Nachweisgrenzen verschiedener Laboratorien zu vergleichen, muß sichergestellt sein, daß auf die gleiche Größe bezogen wurde. Die auf 1 Kilogramm Probengut bezogene Nachweisgrenze wird wesentlich davon beeinflusst, wieviel Probenmaterial für die Analyse eingesetzt wurde. Die Nachweisgrenze wird beim Einsatz von z.B. 5 kg Grünkohl zur Aktivitätsbestimmung um den Faktor 5 besser sein - unter sonst gleichen Bedingungen - als die erreichbare Nachweisgrenze bei Verwendung von nur 1 kg Ausgangsmaterial. Dies täuscht Nachweisgrenzen vor, die in der Praxis kaum erreichbar sind. Sinnvoll ist daher die Angabe der Nachweisgrenze allein in Aktivitätseinheiten wie mBq oder pCi.

#### Probenlagerung

Es ist bekannt, daß biologisches Material nach der Ernte Wasser verliert. Daher ist der Zeitpunkt der Auswaage nach der Probenahme von Bedeutung, ebenso wie z.B. die Temperaturen bei einer offenen Probenlagerung. Nicht hinreichend bekannt ist, welcher Fehler bei der Aktivitätsbestimmung zu erwarten ist, wenn erst einige Zeit nach der Probenahme das Analysengut ausgewogen und dieses bei verschiedenen Temperaturen offen gelagert wird.

Beispielhaft wurde daher der Einfluß der Lagerzeit und der Lagertemperatur auf den Wasserverlust von Salat untersucht. Im Handel bezogener Kopfsalat und Feldsalat wurden bei 4, 17 und 23°C offen gelagert. Der Wasserverlust wurde durch Wägung in Abhängigkeit von der Lagerzeit über 48 h untersucht.

Die Gewichtskurven für Kopfsalat in Abhängigkeit von der Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen sind in Abbildung 1 wiedergegeben. Wie zu erwarten, wurden nach 48 h Lagerzeit die geringsten Wasserverluste mit 11,5 % bei der Lagerung bei 4°C und die höchsten mit durchschnittlich 24,8 % bei 23°C festgestellt (Tab.2). Die Lagerung bei 4°C sollte die Probenaufbewahrung im Kühlschrank simulieren. Nach 24 h Lagerung hat der Kopfsalat bei 4°C annähernd 8 % und bei 23°C mit 16 % im Vergleich das Doppelte an Wasser verloren.

Bei im Handel bezogenen Salatproben kann man davon ausgehen, daß 24 h von der Ernte bis zum Verkauf vergangen sind. Bei einer Messung 4 h nach dem Kauf, also 28 h nach der Ernte, sind diese probenbezogenen Aktivitäten gegenüber einem frischgeernteten Produkt um rund 18 % zu hoch, wenn der Einfluß einer Umgebungstemperatur von 23°C berücksichtigt wird (Tab.2).

Die entsprechenden Gewichtskurven für Feldsalat gehen aus Abbildung 2 hervor. Der Wasserverlust bei Feldsalat verläuft analog dem für Kopfsalat. Unter sonst gleichen Bedingungen verliert Feldsalat jedoch bei allen 3 Lagertemperaturen vergleichsweise mehr Wasser als Kopfsalat (Tab.3). Wie beim Kopfsalat ist der Gewichtsverlust beim Feldsalat mit 17,6 % bei 4°C und einer Lagerzeit von 48 h am geringsten und mit 28,3 % bei 23°C am höchsten.

Vermutlich ist - gleiches Gewicht vorausgesetzt - beim Feldsalat der höhere Wasserverlust auf dessen größere Oberfläche im Vergleich zu Kopfsalat zurückzuführen. Nach dem Austrocknen der äußeren Blätter wirken diese wahrscheinlich hemmend auf den Wasseraustritt aus dem Salatkopfinnern und schützen so gegen vermehrten Wasserverlust.

Nimmt man an, daß Feldsalat erst 28 h nach der Probenahme bei einer Lagertemperatur von 23°C ausgewogen wird, beträgt der Wasserverlust 20 %. Die dann gemessene Aktivität wäre bezogen auf das erntefrische Produkt ohne Berücksichtigung anderer Analysefehler um ein Fünftel zu hoch.

Die Ergebnisse verdeutlichen, daß möglichst direkt nach der Probenahme das Analysengut gewogen werden sollte. Zumindest ist das biologische Probenmaterial in verschließbaren und Wasserdampf undurchlässigen Probenbehältern bei Kühlschranktemperatur oder tiefgefroren aufzubewahren. Auch austretendes Kondenswasser an den Wandungen des Probenbehälters kann durch Wägung des Analysengutes im Behälter und Rückwägung des leeren Gefäßes so miterfaßt werden.

Dieses einfache Beispiel zeigt, wie wichtig eine einheitliche Behandlung der zu untersuchenden Proben ist.

### Gesamtfehler

Bereits bevor die Analysenprobe vorliegt, können einige Probleme und Fehlermöglichkeiten auftreten. In Abbildung 3 ist schematisch dargestellt, wie sich der Gesamtfehler einer Probe zusammensetzt. Man unterteilt in die Untergruppen "Prüffehler" (Analysen- und Meßfehler) und "Probenahmefehler". Während sich die "Prüffehler" weiter aufgliedern lassen in "zufällige Prüffehler", oft auch als "Reproduzierbarkeit" bezeichnet, und "Systematische Prüffehler" (Richtigkeit), können die "Probenahmefehler" in "zufällige" und in "systematische" Fehler untergliedert werden. Die zufälligen Probenahmefehler sind stets vorhanden und lassen sich nicht ausschalten. Die Anstrengungen müssen sich also auf die Vermeidung systematischer Probenahmefehler konzentrieren.

In Abbildung 3 sind die Hauptursachen für systematische Probenahmefehler angedeutet: Entnahme bevorzugter Stichprobenelemente, bedingt z.B. durch fehlerhaften Probenahmeplan, falschen Probenahmeort oder ungeeignetes Probenahmegerät.

Das Ziel einer korrekten Probenahme ist die Entnahme von sogenannten Stichproben. Dabei gilt die in Abbildung 4 dargestellte Definition: Eine Stichprobe ist eine genau festgelegte Anzahl von Elementen (Prüflingen), die (evtl. nach festgelegten Vorschriften) wahllos dem Kollektiv (Grundgesamtheit) entnommen werden, wobei jedes Element die gleiche Chance hat, ausgewählt zu werden.

Unter dieser Voraussetzung kann von der Gesamtheit auf die Stichprobe und, was für die Praxis wichtiger ist, von der Stichprobe auf die Gesamtheit geschlossen werden.

Bei genügend großem Umfang ( $n$ ) der Stichprobe wird unter den erwähnten Voraussetzungen (zufallsgemäße Auswahl) die Grundgesamtheit durch die Stichprobe mit vorgegebener statistischer Sicherheit repräsentiert. Man spricht von einer "repräsentativen Probe". Wichtige Voraussetzungen, um repräsentative Proben zu erhalten, sind:

- zufallsgemäße Auswahl der Elemente und
- genügend großer Probenumfang.

### Auswahl der Elemente

Betrachten wir zunächst einige Aspekte der zufallsgemäßen Probenauswahl, die in Abbildung 5 dargestellt sind. Dem Modell der Zufallsauswahl entspricht am besten die zufällige Probenahme, wobei die ausgewählten Elemente z.B. über Zufallszahlen ermittelt werden. Das Prüffeld (z.B. ein Tomatenfeld oder eine Wiese) wird dazu in beiden Richtungen gerastert und die Koordinaten der Probenahmeorte über die Zufallszahlen festgelegt.

Die vorgeschlagene Methode der Zufallsauswahl ist in der Praxis häufig zu aufwendig. Es werden deshalb gern systematische Proben entnommen, wie dies z.B. in der Abbildung 5 dargestellt ist. Das gleiche gilt z.B. auch bei einer Probenahme vom Band nach fest vorgegebenen Bandabständen. In der Praxis werden derartige

systematische Probenahmen häufig wie eine Zufallsprobe behandelt. Dies ist in Strenge jedoch nur richtig, wenn die Grundgesamtheit stochastisch homogen, d.h. eine Zufallsmischung ist. Dann liefert auch die systematische Probenahme eine Zufallsprobe. Ist diese Voraussetzung nicht erfüllt, können bei der systematischen Probenahme Fehler entstehen. Ist eine solche systematische Probenahme geplant, müßte eigentlich eine Prüfung auf stochastische Homogenität vorausgehen, d.h. es muß nachgeprüft werden, ob die beiden Probenahmetypen zum gleichen Ergebnis führen.

In vielen Fällen bietet sich die sogenannte geschichtete Probenahme an. Dazu wird die Grundgesamtheit in mehrere Klassen geteilt, jede Klasse als eine eigene Grundgesamtheit gedeutet und jeweils eine Stichprobe entnommen. Die Klassen oder Schichten können dabei durch die Art und Weise der Beschaffung, durch eine Vorzugsrichtung, wie z.B. Geländeneigung oder Sedimentationsrichtung, oder durch Unterschiede innen/außen (also Kernbereich/Randzone) gegeben sein. Für die Lebensmittel-Probenahme von Feldern oder Bäumen ist z.B. die Unterteilung (Schichtung) in Sonnen-/Schattenseite oder windzugewandte/-abgewandte Seite von großer Bedeutung. Liegt eine Schichtenbildung vor, kann eine solche geschichtete Probenahme zu größerer Aussagesicherheit führen. Allerdings besteht dann das Problem der optimalen Schichtenauswahl.

#### Probenumfang

Zur Ermittlung des benötigten Probenumfanges ( $n$ ) für eine repräsentative Stichprobe müssen zwei Fälle unterschieden werden (Tab.4).

- 1)  $\sigma$ , die Streuung der Grundgesamtheit ist bekannt (z.B. aus Vorversuchen)

Bei vorgegebener, vorgewählter statistischer Sicherheit  $S = 1 - \alpha$  (z.B. 95 %) ergibt sich der halbe Vertrauensbereich  $v/2$ :

$$v/2 = t_{(\alpha, \alpha)} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

mit  $t_{(\alpha, \alpha)} = 1,96$  (Koeffizient der Student-Verteilung für  $n = \alpha$  und  $S = 1 - \alpha = 95 \%$ ).

Daraus erhält man den Probenumfang  $n$ :

$$n = \left( t_{(\alpha, \alpha)} \cdot \frac{\sigma}{v/2} \right)^2$$

2)  $\sigma$  ist unbekannt (der in der Praxis häufiger auftretende Fall)  
Dann muß  $\sigma$  durch  $s$  (experimentelle Streuung) abgeschätzt werden.  
Bei  $n > 30$  kann  $\sigma \approx s$  gesetzt werden. Bei kleinem Stichprobenumfang muß

$$t_{(\infty, \alpha)} \text{ durch } t_{(n, \alpha)}$$

ersetzt werden.

Aus  $v/2 = t_{(n, \alpha)} \cdot s / \sqrt{n}$  erhält man dann den Probenumfang:

$$n = \left( t_{(n, \alpha)} \cdot \frac{s}{v/2} \right)^2$$

Eine wichtige Folgerung ergibt sich aus den genannten Beziehungen:  
Eine Verdoppelung der Genauigkeit der Schätzung (Halbierung des Vertrauensbereiches) erfordert einen vierfachen Probenumfang.

Daß der Fall " $\sigma$  bekannt" nicht nur eine theoretische Bedeutung hat, wird in Abbildung 6 erläutert. Für ein gewünschtes vorgegebenes Verhältnis von Vertrauensbereich zu Standardabweichung  $(v/2)/s$ , ist für verschiedene Irrtumswahrscheinlichkeiten (0,1 %, 1 %, 5 %) die Zahl der erforderlichen Messungen  $n$  aufgetragen, für  $\sigma$  unbekannt (durchgezogene Linie) und für  $\sigma$  bekannt (gestrichelte Linie). Wird für die Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 5 \%$  das Verhältnis  $(v/2)/s = 1$  angenommen, dann wird bei bekannter

Streuung  $\sigma$  der Grundgesamtheit der Probenumfang von 6 auf 4, also auf  $2/3$  verringert. Außerdem wird deutlich (Abb. 6), daß für  $\alpha = 5\%$  ab etwa  $n = 30 \sigma s$  gesetzt werden kann.

In der Zuckerindustrie wurde dieses Verfahren bei der Analyse von Inhaltsstoffen bei Zuckerrüben mit gutem Erfolg angewandt. Durch eine Vielzahl von Proben eines Anbaugbietes wurde mit hoher Genauigkeit eine Näherung an die wahre Varianz bestimmt und dadurch eine Verminderung der notwendigen Stichproben ohne Einbussen an statistischer Sicherheit erreicht.

Als Anhaltswert und zu Vergleichszwecken sind in Tabelle 5 eine Reihe von ermittelten, bzw. vorgeschlagenen Probenumfängen bei Lebensmitteln wiedergegeben. Teilweise wurde die Prüfung auf stochastische Homogenität (Zufallsuntersuchung) wegen der Anwendung einer systematischen Probenahme vorgenommen und auch geschichtete Probenahmen überprüft. Für Rückstandsuntersuchungen z.B. auf Pestizide wurden optimale Probenumfänge für verschiedene Lebensmittel ermittelt (Tab.5).

Um die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zu gewährleisten, ist die angewandte Probenahmetechnik stets genau anzugeben. Noch besser ist es, die Probenahme einheitlich als repräsentative Stichprobe vorzunehmen. Darüber hinaus ist für wiederkehrende Überwachungs- und Vergleichsuntersuchungen zu prüfen, ob nicht durch Vorversuche die Streuung  $\sigma$  der jeweiligen Grundgesamtheit festgestellt und damit die Aussagesicherheit der einzelnen Stichproben erhöht werden kann.

#### Gesamtnahrung

Eine besondere Problematik liegt in der Probenahme zur Radioaktivitätsbestimmung in der Gesamtnahrung. Es ist hinlänglich bekannt, daß eine genauere Kenntnis über die tatsächliche Strahlenexposition der Bevölkerung aus den Radionuklidgehalten der täglich verzehrten Nahrung zu erhalten ist. Unsicherheiten bestehen in der Definition der täglich verzehrten Nahrung. Die

Anwendung der Warenkorbmethode, bei der nach Verzehrsmengen ausgewählte Lebensmittel tischfertig zubereitet und untersucht werden, berücksichtigt nicht unterschiedliche Zubereitungs- und Verzehrsgewohnheiten. Obwohl solche Standardmahlzeiten offensichtlich die Vergleichbarkeit von Meßwerten verbessern, war in der Bundesrepublik schon vor 20 Jahren wegen der größeren Praxisnähe die Duplikatmethode zur Ermittlung der Strahlenexposition der Bevölkerung eingeführt worden. Bei der Duplikatmethode sind Duplikate der von einer Person täglich verzehrten Nahrung, also neben Frühstück, Mittag- und Abendessen auch Zwischenmahlzeiten als Mischprobe zu untersuchen. Es hat sich bei den Meßstellen im Bundesgebiet eingebürgert, solche Proben nicht von Haushalten, sondern aus der Gemeinschaftsverpflegung, also z.B. aus Krankenhäusern und Kantinen zu beschaffen.

Die Duplikatmethode liefert dann falsche Ergebnisse, wenn nicht echte Duplikate, sondern z.B. nur Mittagsmahlzeiten untersucht werden. Ein repräsentativer Querschnitt über das gesamte Bundesgebiet und über das ganze Jahr ist ebenso erforderlich wie eine ausreichende Anzahl solcher Untersuchungen. Demnach werden die Mittelwerte für das Bundesgebiet nicht nur durch die Höhe der Einzelwerte, sondern auch durch die Zahl der von einer Meßstelle gelieferten Werte beeinflusst. Die in Vorbereitung befindlichen Meßanleitungen der Leitstellen werden daher detaillierte Empfehlungen enthalten, wie bei der Probenahme und der Untersuchung der Gesamtnahrung zu verfahren ist, um zu repräsentativeren Mittelwerten für die Strahlenexposition der Bevölkerung zu gelangen.

Eine Analyse muß danach die tägliche Verzehrsmenge einer Person einschließlich der Getränke umfassen, wobei die Probenahmen gleichmäßig auf die Wochen- und Feiertage zu verteilen (Zufalls- oder geschichtete Probenahmen) und Mischproben von mehreren Tagen zu vermeiden sind.

Es ist den Jahresberichten "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" zu entnehmen, daß seit den 60er Jahren der Cäsium-137-Gehalt in der Gesamtnahrung im Bundesdurchschnitt immer höher lag

als der Strontium-90-Gehalt. Wie Tabelle 6 entnommen werden kann, hat sich dieses Verhältnis seit 1980 umgekehrt. Da hierfür keine Erklärung zu finden war, haben wir 1981 in 104 Duplikaten der täglichen Gesamtnahrung von 26 Haushalten in Karlsruhe und Stuttgart u.a. auch den Cäsium-137- und Strontium-90-Gehalt ermittelt. Die in der letzten Rubrik der Tabelle 6 enthaltenen Werte zeigen, daß das alte Verhältnis wieder hergestellt ist. Die Diskrepanz zu den aus den Meßstellenergebnissen erhaltenen Mittelwerten für das Jahr 1981 ist offensichtlich.

Es soll hier nicht die Zuverlässigkeit von Meßwerten diskutiert, sondern nur auf die Tatsache hingewiesen werden, daß unter den von uns untersuchten Gesamtnahrungsproben sich auch Pilz- und Wildgerichte befanden, die bekanntlich die Ursache für stark erhöhte Cäsium-137-Werte sind. Unter diesen Umständen ist es nicht verwunderlich, daß Werte bis zu 13900 mBq pro Tag und Person erreicht werden. Da solche Ergebnisse von den Meßstellen im Bundesgebiet bisher nie übermittelt wurden, führen wir solche Unterschiede unter anderem auch auf unterschiedliche Probenahmen zurück.

Es wäre daher wünschenswert, wenn die beteiligten Meßstellen im Bundesgebiet aufgrund der hier vorgetragenen Aspekte ihre Art der Probenahme bei der Gesamtnahrung nochmals überprüfen würden. Hierzu sollen auch die in Vorbereitung befindlichen Meßanleitungen der Leitstellen wesentliche Unterstützung bieten.

Schrifttum:

- 1) K. SOMMER, "Probenahme von Pulvern und körnigen Massengütern", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1979
- 2) Th. GRÜNEWALD, "Probenahme", Arbeitsunterlage Institut für Verfahrenstechnik, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe, 1979

- 3) A. AMBRUS, " The influence of sampling methods and other field techniques on the results of residue analysis". In: "Advances in pesticide science III", Int. Union of Pure and Applied Chemistry (4th Pesticide Chemistry Symposium) 1979, 620-632
- 4) M. BURBA u. E. SCHULZE, "Zur Probenahme bei Zuckerrüben", Zuckerindustrie 106 (1981) 4, 303-307
- 5) J. WAIBEL, "Stichprobengröße für die Bestimmung von Aflatoxin in Erdnüssen", Dt. Lebensm.-Rundschau 73 (1977) 11, 353-357

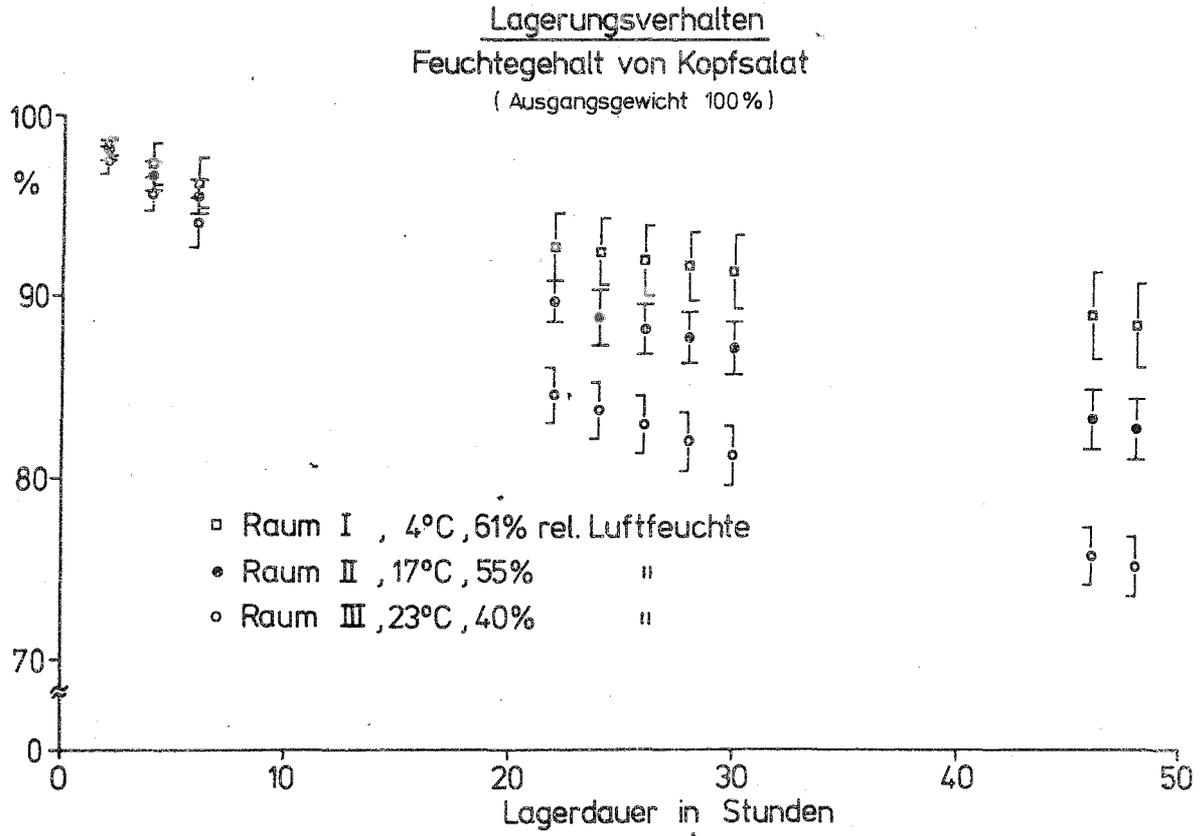


Abbildung 1: Gewichtsabnahme von Kopfsalat in Abhängigkeit von der Lagerdauer bei verschiedenen Temperaturen

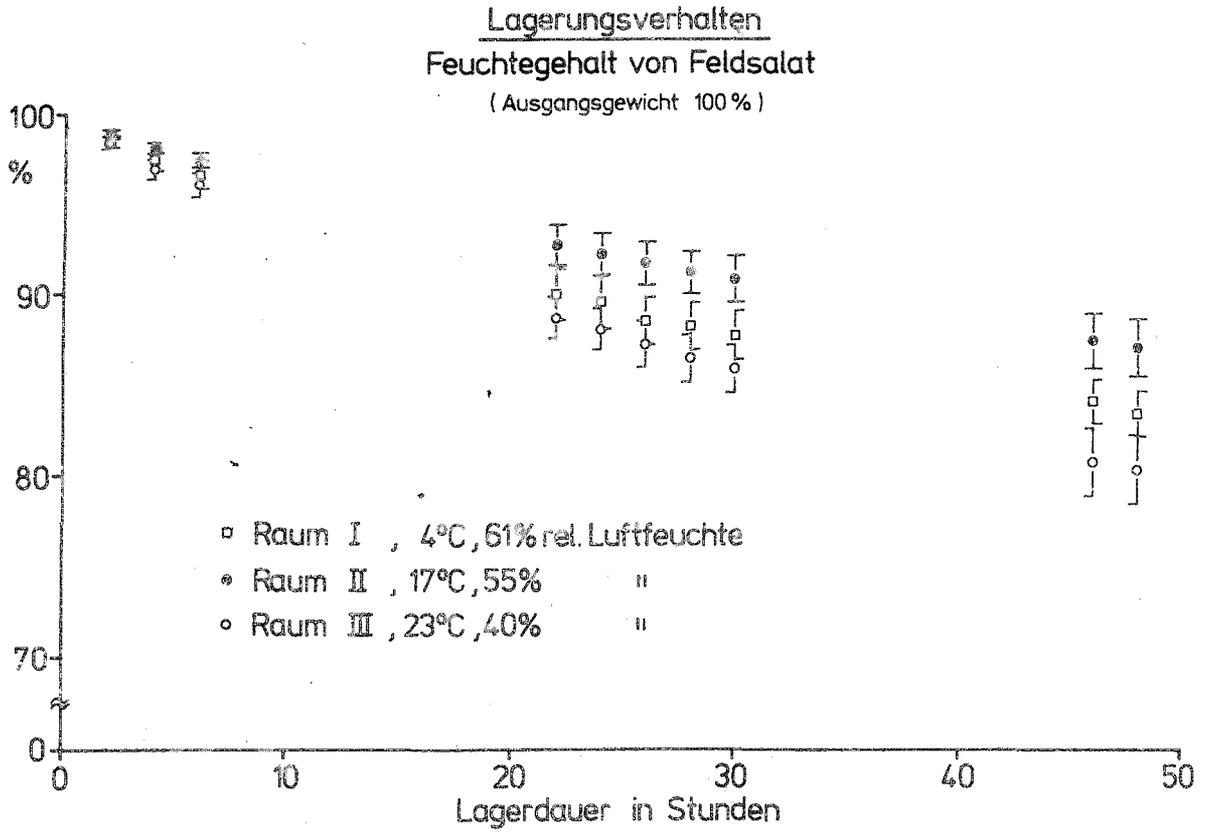


Abbildung 2: Gewichtsabnahme von Feldsalat in Abhängigkeit von der Lagerdauer bei verschiedenen Temperaturen

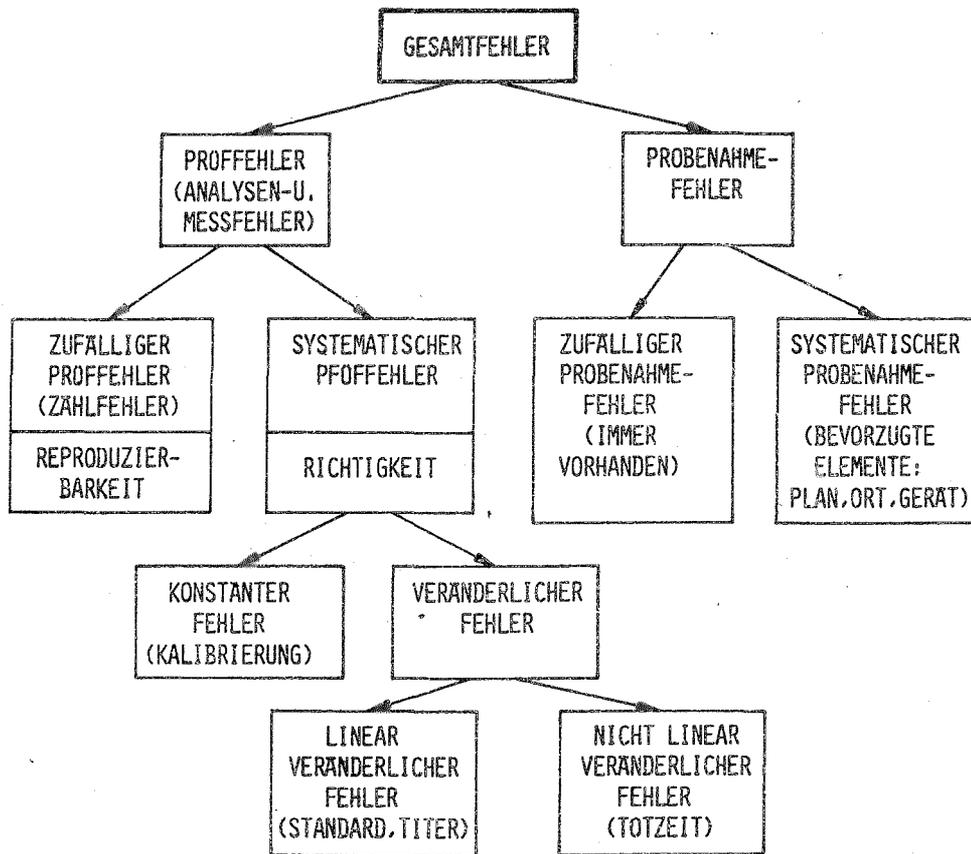
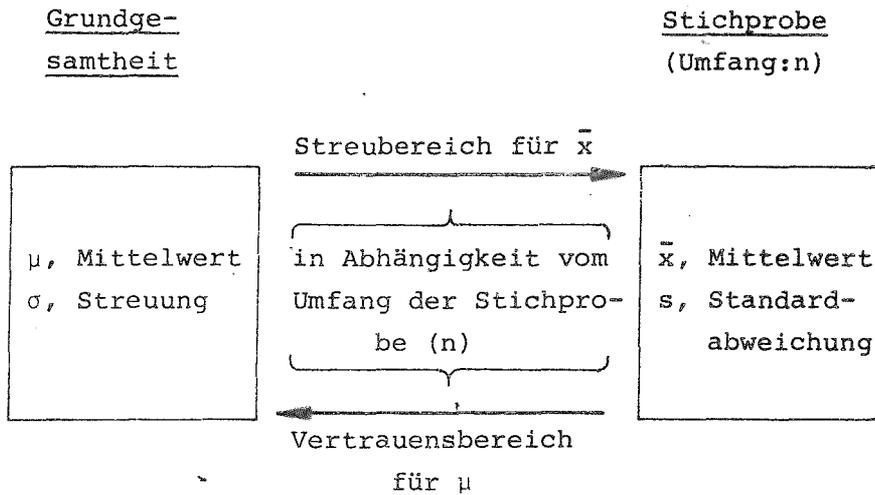


Abbildung 3: Zusammensetzung des Gesamtfehlers einer Analyse (schematisch)



Voraussetzung:

Zufallsgemäße Auswahl der Elemente der Stichprobe  
(jedes Element hat die gleiche Chance ausgewählt zu werden)

Repräsentative Probe

Bei genügend großem Umfang (n) der Stichprobe:  
Grundgesamtheit wird durch die Stichprobe mit  
vorgegebener statistischer Sicherheit repräsentiert (repräsentative Probe).

Abbildung 4: Zusammenhang von Grundgesamtheit und repräsentativer Stichprobe

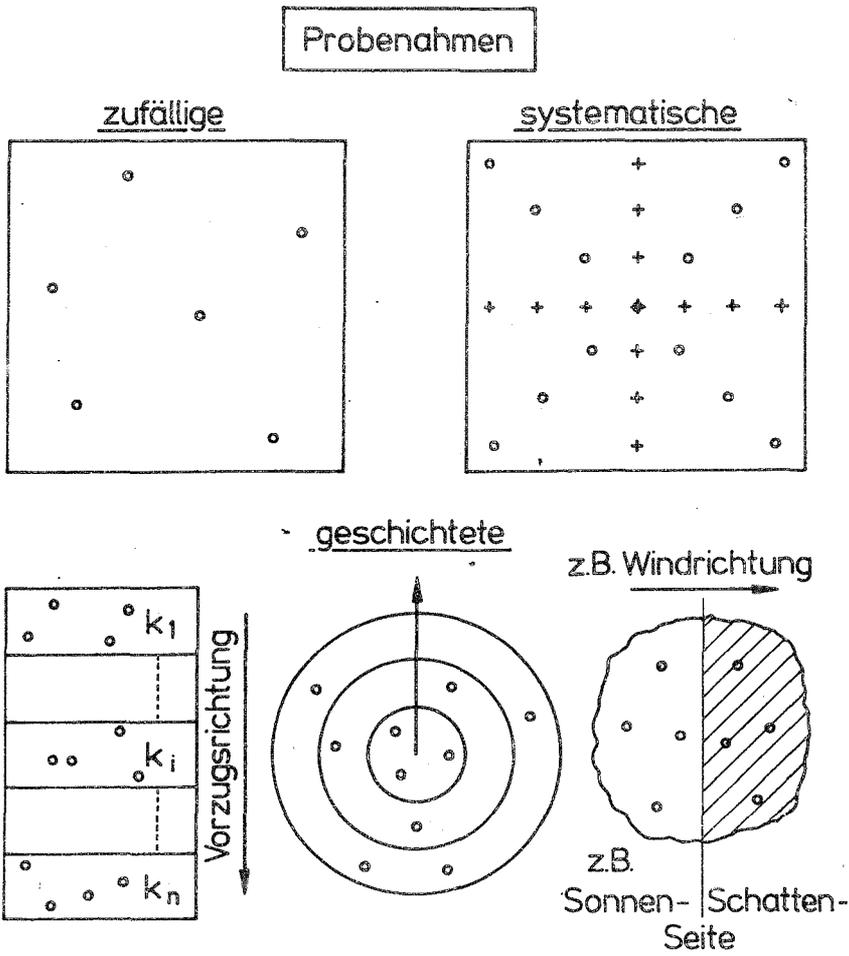


Abbildung 5: Probenahmeverfahren (schematisch)

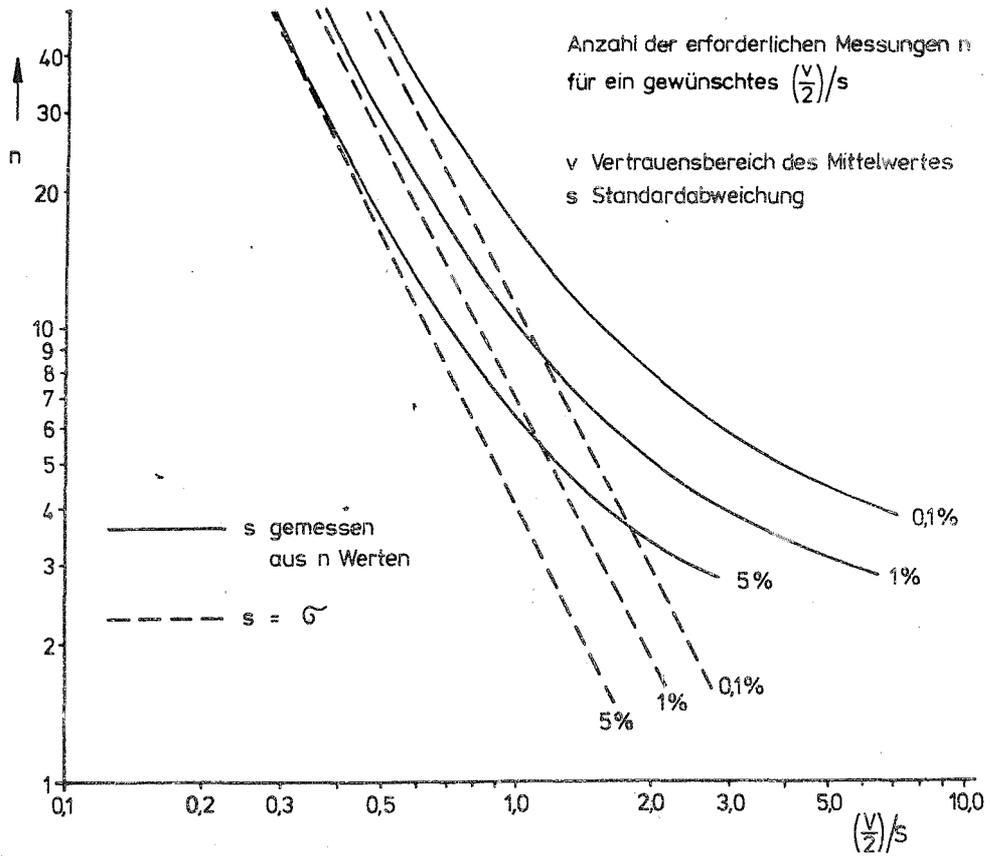


Abbildung 6: Einfluß des Verhältnisses Vertrauensbereich zu Standardabweichung auf die Anzahl erforderlicher Messungen

ANLIEFERUNGS-	)	
ASCHE-	)	
ERNTE-	)	
FEUCHT-	)	GEWICHT
FRISCH-	)	
TROCKEN-	)	
VERZEHRS-	)	
		F E U C H T M A S S E
		(ANGABE WASSERGEHALT)
FEUCHT-	)	
FRISCH-	)	SUBSTANZ
TROCKEN-	)	
		T R O C K E N M A S S E
ESSBARER	)	
VERZEHRSFAHIGER	)	ANTEIL
VERZEHRSFERTIGER	)	

Tabelle 1: Häufig verwendete Bezugsgrößen bei Aktivitätsangaben

	RAUM I	RAUM II	RAUM III
TEMPERATUR (°C)	+ 4	+ 17	+ 23
REL. LUFTFEUCHTE (%)	61	55	40
LAGERZEIT (h)			
0	0	0	0
2	1,8	1,9	2,3
4	2,8	3,4	4,4
6	3,7	4,5	6,0
22	7,2	10,3	15,4
24	7,5	11,1	16,2
26	8,0	11,7	17,0
28	8,3	12,3	18,0
30	8,6	12,9	18,8
46	11,0	16,6	24,1
48	11,5	17,2	24,8

Tabelle 2: Einfluß der Lagerzeit und der Lagertemperatur auf den mittleren Gewichtsverlust von Kopfsalat; Angaben in Prozent

TEMPERATUR (°C)	RAUM I + 4	RAUM II + 17	RAUM III + 23
REL. LUFTFEUCHTE (%)	61	55	40
LAGERZEIT (H)			
0	0	0	0
2	1,9	2,0	2,4
4	3,1	4,2	4,5
6	3,9	5,8	6,3
22	9,9	15,0	17,1
24	10,7	15,9	18,3
26	11,2	16,5	18,9
28	12,0	17,4	20,1
30	12,7	18,1	20,9
46	17,0	23,5	27,4
48	17,6	24,6	28,3

Tabelle 3: Einfluß der Lagerzeit und der Lagertemperatur auf den mittleren Gewichtsverlust von Feldsalat; Angaben in Prozent

Probenumfang

$\sigma$  bekannt (Grundgesamtheit)

$$\frac{v}{2} = t_{(\infty, \alpha)} \cdot \sigma / \sqrt{n} \rightarrow n = \left( t_{(\infty, \alpha)} \cdot \frac{\sigma}{v/2} \right)^2$$

$$S = 1 - \alpha$$

z.B.:  $S = 1 - \alpha = 95 \%$ ,  $\alpha = 5 \%$ ;  $t_{(\infty, \alpha)} = 1,96$

$\sigma$  unbekannt

$\sigma$  durch  $s$  geschätzt

$n > 30$  :  $\sigma \approx s$

Bei kleinem Stichprobenumfang:  $t_{(\infty, \alpha)} \rightarrow t_{(n, \alpha)}$

$$\frac{v}{2} = t_{(n, \alpha)} \cdot s / \sqrt{n} \rightarrow n = \left( t_{(n, \alpha)} \cdot \frac{s}{v/2} \right)^2$$

Tabelle 4: Ermittlung des Probenumfanges einer repräsentativen Stichprobe

JAH QUELLE	NUKLID	ZAHL DER PROBEN	MINIMAL- WERT	MAXIMAL- WERT	MITTEL- WERT
1979	Sr 90	149	55,5	2368	370
MESS- STELLEN	Cs 137	149	<37	2035	444
1980	Sr 90	189	41	2600	340
MESS- STELLEN	Cs 137	189	<37	1900	310
1981	Sr 90	171	33	2100	320
MESS- STELLEN	Cs 137	171	<37	910	270
1981	Sr 90	26(104)	68	231	144
PROJEKT BFE	Cs 137	104	39	13900	425

Tabelle 6: Ingestionswerte durch "Gesamtnahrung"  
unterschiedlicher Herkunft.  
Aktivitätsangaben in mBq pro Tag und Person