

# Methoden und Daten zur Erfassung des Ernährungszustandes\*

Aktuelle Ernährungsmedizin 5 (1980) 35-42  
© Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York

U. Oltersdorf

Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen

## Methoden und Daten zur Erfassung des Ernährungszustandes

Der Ernährungszustand ist das Ergebnis des Grades der Bedarfsdeckung an Nahrungsenergie und aller essentiellen Nährstoffe innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Wenn sich Bedarf und Zufuhr nicht entsprechen, dann verändern sich Funktionen des menschlichen Organismus. Diese Veränderungen werden gemessen und zur Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen. Die Darstellung und Diskussion von ausgewählten Methoden beschränkt sich auf solche, die für epidemiologische Feldstudien geeignet sind.

## Methods and Data for the Assessment of the Nutritional Status

The nutritional status is the result of the balance between requirements for nutritional energy and for all essential nutrients and their actual intake within a certain period of time. If there is an imbalance between requirements and intakes the functions of the human organism will be altered. These changes can be measured and can be used for the assessment of the nutritional status. A selection of such methods for the use in epidemiological surveys is described and discussed.

Der Ernährungszustand ist ein Teil des Gesundheitszustandes des Menschen. Er ist prinzipiell das Ergebnis des Grades der Bedarfsdeckung an Nahrungsenergie und aller essentiellen Nährstoffe innerhalb eines bestimmten Zeitraumes.

Wenn im folgenden nur vom Ernährungszustand die Rede sein wird, so darf man nicht vergessen, daß jeder Mensch in einer vielfältig gestalteten Umwelt lebt, die auf ihn einwirkt, und so zusammen mit der Nahrungsaufnahme den Gesundheits- bzw. Ernährungszustand bestimmt (Abb. 1).

Entspricht die Nahrungszufuhr, die die benötigten Energiemengen und Nährstoffe enthält, dem Nahrungs- bzw. Nährstoffbedarf, herrscht eine ausgeglichene Bilanz, dann ernährt man sich richtig. Der Mensch kann seine genetisch gegebenen Funktionen optimal erfüllen. Registriert man diese Funktionen, so erhält man Normalwerte. Solche Standards können als Beurteilungsmaßstäbe herangezogen werden.

Wenn sich Nahrungsbedarf und -zufuhr nicht entsprechen, dann stellt der menschliche Organismus sich auf diese veränderte Situation ein. Durch homöostatische Anpassungsmechanismen verändert sich der Stoffwechsel, die Zusammensetzung der Gewebemassen und die körperliche Leistungsfähigkeit des Menschen. Dauert das Ungleichgewicht nur lange genug, dann wird man krank und muß letztlich vorzeitig sterben (Abb. 2). Die Art und das Ausmaß der zu beobachteten Funktionsänderungen, d. h. das Abweichen von den Normalwerten, können zur Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen werden.

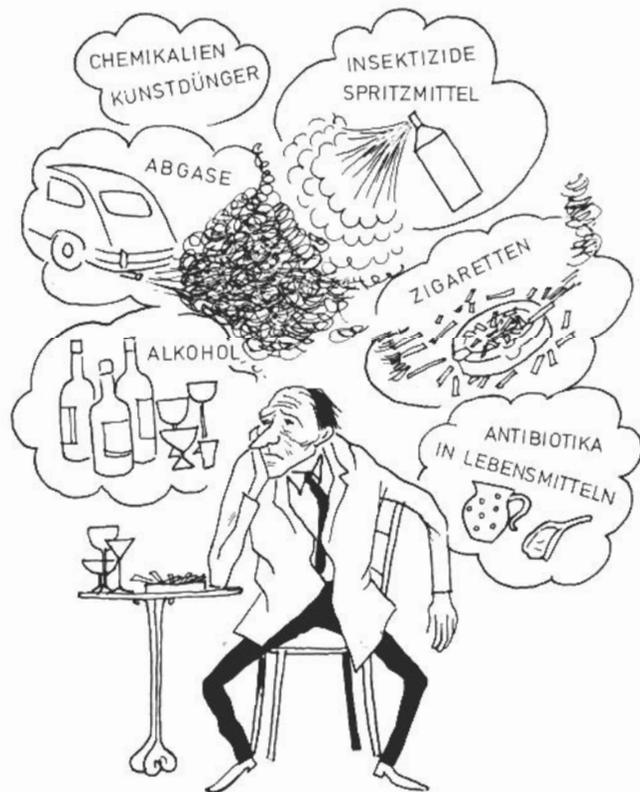


Abb. 1: Ein Mensch in seiner von ihm selbst mitbestimmten Umwelt (aus [1]).

\* Erweiterte Fassung des Vortrags gehalten bei der 1. Wissenschaftlichen Tagung der Arbeitsgemeinschaft Ernährungsverhalten e.V. (AGEV) am 9. und 10. Juni 1978 in Gießen.

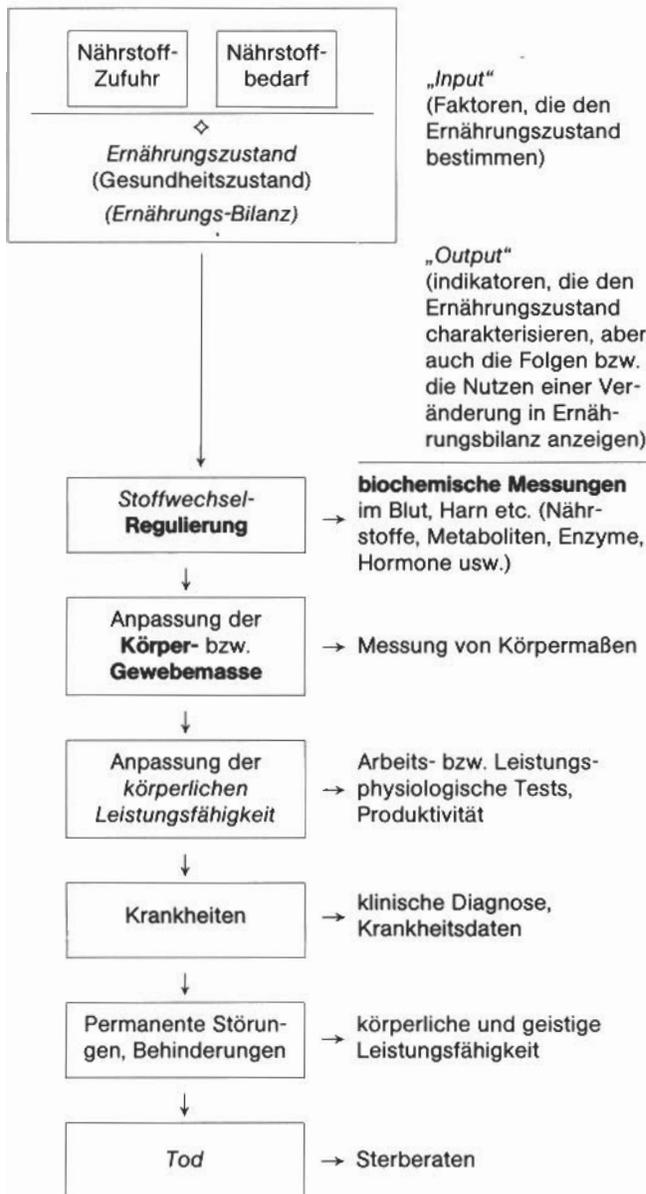


Abb. 2: Überblick über die Indikatoren zur Diagnose des Ernährungszustandes.

Solche Meßgrößen, oder Indikatoren, des Ernährungszustandes sind prinzipiell abhängig von solchen Faktoren, die die Art, Grad und Dauer der Fehlernährung bestimmen („input-Faktoren“):

- physiologischer Zustand des Menschen (Alter, Gewicht, Geschlecht, Krankheiten, etc.)
- Anamnese, einschließlich bereits früher erlebten Perioden von Fehlernährung;
- körperliche und geistige Anforderungen;
- Lebens- und Umweltbedingungen.

Die Bestimmung der Indikatoren des Ernährungszustandes erfolgt immer für einzelne Personen. Bei der Bewertung der gefundenen Meßergebnisse muß man jedoch prinzipiell unterscheiden, ob man eine individuell gültige Diagnose möchte (z. B. Arzt, Klinik), oder ob der Ernährungszustand einer Gruppe von Menschen beurteilt werden soll (z. B. Epidemiologe, Gesundheitspolitiker). Die folgenden Darlegungen beziehen sich nur auf den letztgenannten Aspekt (5, 8, 20, 21).

Der Mensch ist hinsichtlich seiner physiologischen Reaktionen genauso ein Individuum, wie er es bezüglich seiner Erscheinung und seines Wesens ist. Die gemessenen individuellen Werte von Menschen einer Gruppe werden sich über einen bestimmten Bereich verteilen. Es gilt nun zu beurteilen, ob die ermittelten Werte in den normalen Bereich fallen, oder ob (und wie weit) sie aus diesen Bereich herausfallen, anormal sind (vgl. Beispiel in Abb. 3). Die Beurteilung der Unterschiede wird dann einfacher und sicherer, je geringer der Reaktionsspielraum der einzelnen Individuen ist. Eine geringere Regelkapazität ist dann z. B. gegeben, wenn der Umsatz eines Organismus relativ hoch ist. Dies trifft für Kinder zu. Aus diesem Grunde sind sie eine im Vergleich zu Erwachsenen prinzipiell empfindlichere Gruppe und daher gut geeignet den Ernährungszustand der Bevölkerung bzw. bestehende Formen von Fehlernährung anzuzeigen.

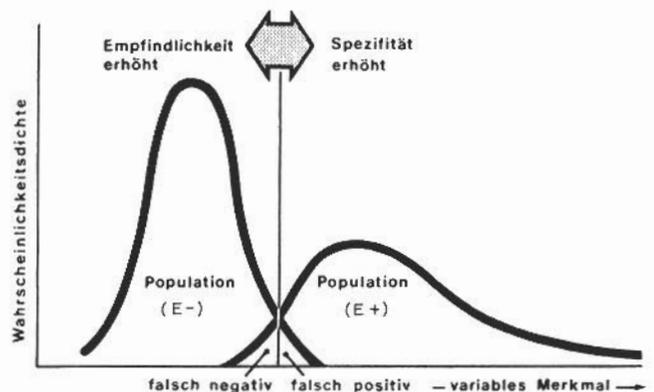


Abb. 3: Mögliche Verteilung von Merkmalen für Fehlernährung in einer gesunden Population (E+) und einer fehlernährten Population (E-).

### Kriterien für die Wahl von geeigneten Indikatoren

Im Prinzip könnten eine Unmenge von Meßgrößen zur Beurteilung des Ernährungszustandes herangezogen werden. Die Anforderungen, die jedoch in der Praxis an diese gestellt werden, schränkt ihre Zahl beträchtlich ein. Dabei muß nochmals auf die unterschiedlichen Anforderungen eingegangen werden, die sich daraus ergeben, ob man eine individuelle Diagnose stellen möchte, oder z. B. in einer Feldstudie den Ernährungszustand einer Gruppe von Menschen beurteilen möchte (Tab. 1). Die Indikatoren sollen zwar in jedem Fall

- gleich zugänglich,
- eindeutig und einfach interpretierbar,
- objektiv bestimmbar,
- numerisch meßbar, und
- spezifisch (für den Ernährungszustand)

sein, doch sind bei einer Feldstudie Einfachheit, Akzeptation (z. B. der Blutentnahme) und Kosten weitaus wichtigere Kriterien als die absolut genaue und richtige Diagnose. Im Falle der individuellen Diagnose ist es fast genau umgekehrt. Sie soll richtig sein, die Kosten sind dabei sekundär (jedenfalls in unserer Gesellschaft). Das Fazit: Die Auswahl der Methoden zur Erfassung des Ernährungszustandes hängt von den Untersuchungsbedingungen und -zielen ab.

Es sollen nun anhand von Beispielen die einzelnen Bereiche von Indikatoren des Ernährungszustandes von Bevölkerungsgruppen aufgezeigt werden. Die Reihenfolge ergibt sich aus der Darstellung in Abbildung 2.

**Tabelle 1**

**Relevanz verschiedener Eigenschaften von Indikatoren des Ernährungszustandes hinsichtlich unterschiedlicher Anwendung.**

	individuelle Diagnose	Ernährungszustand einer Gruppe
Einfachheit	-	++
Akzeptation	-	++
Kosten	-	++
Genauigkeit	++	+
Empfindlichkeit	+	++
Spezifität	++	+
Richtigkeit	++	+

- = ist unbedeutend; + = ist wichtig; ++ = ist sehr wichtig

**Tabelle 2**

**Säuglings- und Kindersterblichkeit bei bestimmten Krankheiten (Sterberate pro 100000; 1963-1964) (nach [4]).**

	Magen und Darminfektionen		Masern		Keuchhusten	
	unter 1 Jahr	1-4 Jahre	unter 1 Jahr	1-4 Jahre	unter 1 Jahr	1-4 Jahre
Österreich	139,0	6,8	4,5	2,2	2,2	1,0
England	42,0	3,5	2,1	1,5	3,7	0,3
Chile	1588,0	69,3	413,2	137,6	68,3	8,1
Mexiko	1224,0	267,4	71,0	103,7	112,7	75,8
Venezuela	714,7	89,8	24,2	21,9	53,6	15,2

**Morbiditäts- und Mortalitätsraten**

Durch die Registrierung und Auswertung von Sterberaten, und hier besonders Krankheits-spezifischer Sterberaten, können Rückschlüsse auf den Ernährungszustand einer Bevölkerungsgruppe geschlossen werden. Sie zeigen auch die möglichen ernststen Konsequenzen von Fehlernährung auf. Solche Daten können relativ leicht zugänglich sein, wenn z. B. eine entsprechende Registrierung durch die Gesundheitsbehörden erfolgt. Sie sind jedoch relativ unspezifisch, nicht unbedingt genau und richtig. Selten kann man sie eindeutig interpretieren. Immerhin können durch die Analyse von Sterberaten Anhaltspunkte und mögliche Beziehungen erkannt werden. Beobachtbare Zusammenhänge können rein zufällig sein. Erst wenn sich die Beziehung zwischen Sterberate und Fehlernährung anhand experimenteller Befunde plausibel erklären läßt, erhalten sie eine gewisse Aussagekraft. So belegen beispielsweise die unterschiedlichen Sterberaten von Kindern an verschiedenen Krankheiten in verschieden entwickelten Staaten, daß in Entwicklungsländern Unterernährung häufig auftritt, da die Interaktion von Unterernährung und Infektionen bewiesen ist (4, 18, 19) (s. Tab. 2). Dagegen kann die Sterberate an Brustkrebs nicht als gültiger Indikator für den

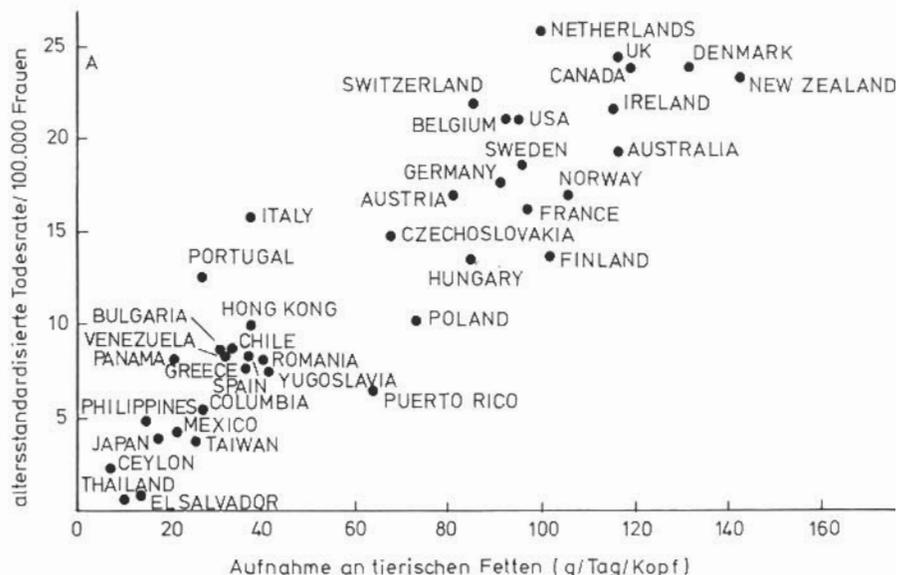
Ernährungszustand hinsichtlich von Fett angesehen werden, obwohl eine Korrelation beobachtbar ist (vgl. Abb. 4), denn diese Beziehung ist bisher nicht experimentell abgesichert (6). Ein wesentlicher Nachteil von Sterberaten als Indikatoren des Ernährungszustandes ist der Umstand, daß sie nicht als Frühwarnzeichen von Ernährungsstörungen angesehen werden können (3, 4, 8).

Man kann auch anhand von Messungen der körperlichen Leistungsfähigkeit (z. B. arbeitsphysiologische Tests, Registrierung der Produktivität, etc.) und auch durch Messungen der geistigen Leistungsfähigkeiten (z. B. IQ-Tests, Registrierung der Schulerfolge, etc.) Rückschlüsse auf den Ernährungszustand ziehen. Doch sind diese Indikatoren weder einfach zugänglich, noch sind sie sehr spezifisch.

Es gibt eine Reihe von Erkrankungen und Krankheitsbildern, die sich auf Fehlernährung zurückführen lassen. Folglich können Angaben über diese Krankheiten bzw. klinischen Mangelzeichen dazu dienen, den Ernährungszustand zu charakterisieren (s. Tab. 3).

Auch bestimmte äußerlich erkennbare physiologische Reaktionen auf medizinische Maßnahmen können als Indikatoren benutzt werden, wie z. B. die verminderte Impfreaktionen bei unterernährten Kindern. Wenn ein

Abb. 4: Korrelation zwischen dem Pro-Kopf-Verzehr an tierischen Fetten und der alters-standardisierten Sterberate an Brustkrebs in verschiedenen Ländern (nach [6]).



**Tabelle 3**  
**Liste von klinischen Mangelzeichen für bestimmte Formen von Fehlernährung (8).**

Form der Fehlernährung	wird angezeigt durch
<b>Protein-Energie-Malnutrition (PEM)</b>	Ödeme Haarausfall, dünneres Haar, Haardepigmentierung Muskelschwund diffuse Depigmentierung der Haut „Mondgesicht“ (moon face) psychomotorische Veränderungen
<b>Energie-Überernährung (Obesitas)</b>	sichtbare Fettleibigkeit („Fettwülste“ z. B. um Taille)
<b>Vitamin-A-Mangel</b>	Bitot-sche Flecken Xerosis conjunctivar et corneae Xerophthalmie Keratomalazie epitheliale Hyperkeratosen Nachtblindheit
<b>Vitamin-D-Mangel</b>	Rachitis, Knochendeformationen Osteomalazie
<b>Vitamin-E-Mangel</b>	Xanthomatosen
<b>Vitamin-B<sub>1</sub>-Mangel</b>	Appetitverlust periphere Nervenstörungen, Koordinationsstörungen Ödeme Steigerung der Herzfrequenz (Tachykardie)
<b>Vitamin-B<sub>2</sub>-Mangel</b>	Entzündungen der Mundschleimhaut, (Stomatitis angularis) der Lippen (Cheilosis) der Zunge (Magenta' Zunge) Atrophie der Zungenpapillen Entzündung der Augenlider (Blepharitis angularis) Hautveränderungen: Dermatitis scrotalis et vulvalis, Ragaden, Seborrhöe
<b>Vitamin-B<sub>6</sub>-Mangel</b>	Veränderungen an Haut und Schleimhäuten: seborrhoische und desquamative Dermatitis an Mund, Augen
<b>Niacin-Mangel</b>	pellagrose Dermatitis atrophiierte Zungenpapillen, rauhe, scharlachrote Zunge gelblich-bräunliche, grünliche Hautpigmentierung
<b>Folsäure-Mangel</b>	Anämie-Zeichen, wie blasse Augenbindehaut
<b>Vitamin-B<sub>12</sub>-Mangel</b>	Zahnfleischbluten, Gingivitis Hautblutungen (Petechien), Haematoma, Ekchymosis epitheliale Hyperkeratosen Knochenschmerzen (durch Epiphysen-Vergrößerung), Gliederschmerzen
<b>Vitamin-C-Mangel</b>	
<b>Eisen-Mangel</b>	Anämie-Zeichen, wie blasse Augenbindehaut Hohl- oder Löffel-Nägel (Koilonychie) atrophiierte Zungenpapillen
<b>Jod-Mangel</b>	Schilddrüsen-Vergrößerung, Kropf

Gesundheitssystem entsprechend organisiert ist, daß es eben auch ernährungsspezifische Krankheitsdaten regelmäßig registriert, dann können damit relativ leicht und zuverlässig Veränderungen im Ernährungszustand einer Bevölkerung beobachtet werden, wie es sich z. B. aus der jahreszeitlichen Schwankung der Krankenhausaufnahme, der Rate an Durchfällen und an Protein-Energie-Malnutrition ergibt, die in Abbildung 5 dargestellt sind. Eine effiziente Erfassung solcher Daten ist jedoch bisher eher die Ausnahme. Darüberhinaus lassen sich auch hiermit nur ernsthafte, manifeste Formen von Fehlernährung eindeutig beschreiben (3, 8).

### Anthropometrische Messungen

Ein weiterer, und vielleicht der wichtigste Bereich von Indikatoren zur Ermittlung des Ernährungszustandes von Bevölkerungsgruppen sind die Messungen der Körpermaße, die anthropometrischen Messungen. Es ist allgemein bekannt, Überernährung führt zu Übergewicht, Unterernährung zu Untergewicht. Neben dem Gewicht gibt es eine Reihe weiterer Meßgrößen in diesem Bereich (s. Tab. 4).

**Tabelle 4**

### Anthropometrische Messungen und Indikatoren für den Ernährungszustand des Menschen.

Meßgröße	Indikator	
Körpergewicht	Gewicht/Alter	nur bei Kindern, akute Nahrungs(energie)-Unter- bzw. Überversorgung
Körpergröße, Sitzhöhe	Gewicht/Größe Gewicht/Größe <sup>n</sup>	bei Kindern, Erwachsenen n = 2, Quetelet-Index Kaupischer-Index
	Broka-Index (Gewicht in kg = Körpergröße in cm - 100)	nur Erwachsene
	Größe/Alter	nur bei Kindern, chronische Nahrungs(energie)-Unterversorgung
	Gewicht/Größe pro Alter	nur bei Kindern, akute und chronische Nahrungs(energie)-Unterversorgung
Kopfumfang Brustumfang	Kopf-/Brust-Umfang	nur für Kinder bis zu 3-4 Jahren, wenn bei Kindern älter als 6 Monate über 1,0 dann Zeichen für Protein-Energie-Malnutrition (PEM)
Oberarmumfang Oberschenkelumfang	Umfang/Alter	akute Energie- und Protein-Unter- bzw. Überversorgung
Bauchumfang		Energie-Überversorgung
Hautfalten an Biceps, Triceps, supra-iliacal, u. a.	Hautfalten/Alter	Energie-Unter- bzw. Überversorgung
	Muskel-Armumfang/Alter (berechnet aus Armumfang und Biceps, Triceps-Hautfalten)	Protein-Unterversorgung

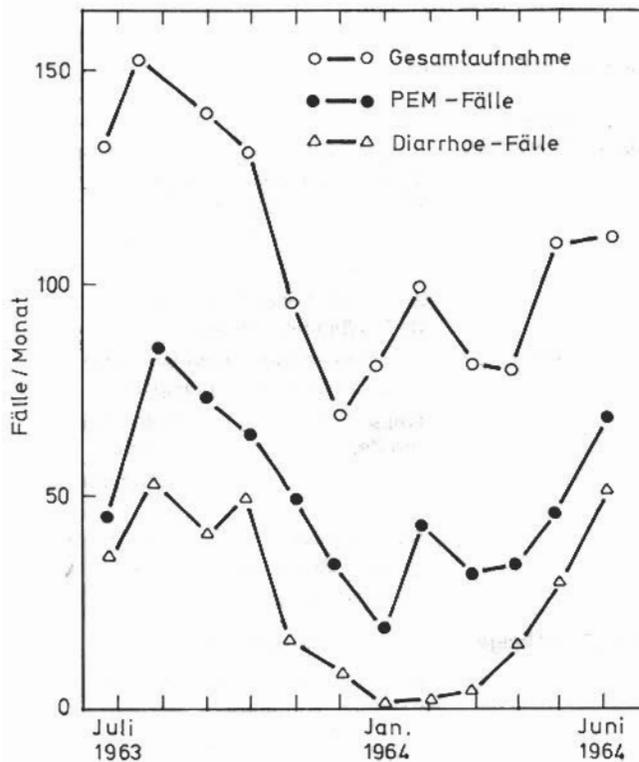


Abb. 5: Zeitlicher Verlauf der Gesamt-Aufnahmeraten von Vorschulkindern (0-5 Jahre) in das Luzmila Hospital, Amman (Jordanien), mit den aufgenommenen Fällen an Protein-Energie-Malnutrition (PEM) und Diarrhoe (nach [13]).

Die meisten solcher Daten sind leicht zugänglich, recht zuverlässig bestimmbar und relativ gut interpretierbar. Die Werte für die weichen Gewebe (wie Muskel- und Fett-Gewebe) aus den Umfangs- bzw. Hautfalte-Messungen lassen Rückschlüsse auf den akuten Ernährungszustand zu. Sie geben Hinweise über die Energie- (Fett) bzw. Eiweiß-Bilanz (Muskel). Die festen Gewebe, wie z. B. Knochen, angezeigt durch die Körpergröße, geben *Hinweise auf die chronischen Folgen von Fehlernährung*.

Um den Überblick über die anthropometrischen Messungen abzurunden, sind noch einige weitere Indikatoren erwähnt, die jedoch im allgemeinen nicht so leicht zugänglich sind. Dabei sind zu nennen: röntgenographische Ermittlung der Knochenreife, Gewichtszunahme während der Schwangerschaft, Gewicht der Placenta, Alter beim Eintritt der Zahneruption, der Geschlechtsreife und der Wechseljahre (8, 9, 14).

Bei aller Wertschätzung für die anthropometrischen Messungen, muß man doch auch ihre Grenzen kennen. Sie zeigen immer nur die Summe vieler möglichen Einflußfaktoren auf. Gut illustriert wird dies durch Ergebnisse aus Uganda (16). Europäische und einheimische Kinder, die in der gleichen Umgebung lebten, wuchsen auch gleich (Tab. 5). Die anthropometrischen Daten für sich allein genommen, zeigen beide haben den gleichen Ernährungszustand. Betrachtet man jedoch zusätzlich die Energiebilanz, die Energieaufnahme im Vergleich zum Energieaufwand, so erkennt man das unterschiedliche Niveau. Die afrikanischen Kinder aßen weniger, dafür bewegten sie sich allerdings auch weniger, und hatten so gleichviel Energie für das Wachstum übrig, wie die europäischen Kinder.

Tabelle 5

**Wachstum und Energiebilanz von afrikanischen und europäischen Vorschulkindern (1,5 bis 3 Jahre) in Kampala/Uganda (nach [16]).**

Gewichtszuwachs (kg/Jahr)	Afrikaner (N = 20)	Europäer (N = 20)
1,5-2,0 Jahre	1,83	2,20
2,01-2,5 Jahre	2,29	2,00
2,51-3,0 Jahre	1,92	1,96
Energieaufnahme (kcal/kg Körpergewicht/d)	67 (44-95)	114 (108-121)
Energieverbrauch (kcal/kg Körpergewicht/d)	78	98
ausgewählte Tätigkeiten (Dauer in Minuten)		
liegen (außer Schlaf)	81	70
sitzen	300	190
stehen	265	143
gehen	108	234
rennen	17	54

### Biochemische Messungen

Der abschließend zu behandelnde Bereich von Methoden zur Erfassung des Ernährungszustandes umfaßt die biochemischen Methoden. Das sollten die empfindlichsten Indikatoren für Fehlernährung sein. Bereits geringfügige, latente Formen von Fehlernährung bewirken aufgrund des homöostatischen Regulationssystems Veränderungen im Stoffwechsel. Die Methoden sind auch am empfindlichsten, leider auch hinsichtlich anderer exogener Einflüsse. So sind sie zwar ein sehr wichtiger Bereich, doch sie erfüllen bisher nicht, und werden es auch in Zukunft nicht können, die hohen Erwartungen die in sie gesetzt wurden; nämlich einfache, schnelle, preiswerte und sichere Indikatoren für die frühzeitige Erkennung von Fehlernährung zu sein.

Eine ganze Reihe von Parametern wurden bereits auf ihre Eignung geprüft. So mißt man in leicht zugänglichem Biopsiematerial; wie Harn, Blut, aber auch gelegentlich an Haaren, Haut, Fingernägeln und Speichel; den Gehalt an Nährstoffen bzw. von ihren Metaboliten (Tab. 6).

So geben beispielsweise die Blutspiegel von Mineralstoffen, wie Eisen, Kupfer, Zink, Magnesium, Jod usw. und von Vitaminen, wie Retinol und Ascorbinsäure; genau wie die Konzentrationen im Harn; Hinweise für den Ernährungszustand an entsprechenden Nährstoffen. Neben der direkten Messung der Nährstoffe können auch die metabolischen Veränderungen registriert werden, die sich aufgrund der Fehlernährung ergeben. Da Vitamine als Koenzyme wirksam sind, kann sich eine Unterversorgung in diesen Fällen durch eine verminderte Enzymaktivität bemerkbar machen. Dies wird z. B. vor allem bei Vitaminen der B-Gruppe ausgenutzt, wie Thiamin, Riboflavin und Pyridoxin. Mit veränderter Enzymaktivität, verändert sich die Konzentration ihrer Umsetzungsprodukte. So ist beispielsweise der Stoffwechsel der Aminosäure Tryptophan durch einen Mangel an Vitamin B<sub>6</sub> verändert, was sich durch ein verändertes Spektrum an Tryptophan-Metaboliten im Harn nachweisen läßt. Auch Hormone regulieren den Stoffwechsel.

Tabelle 6

## Biochemische Messungen und Indikatoren für den Ernährungszustand des Menschen (17).

Vitamin-B <sub>6</sub> -Mangel	Aktivierbarkeit der erythrozytären GOT, GPT Vitamin B <sub>6</sub> , 4-Pyridoxinsäure im Harn Vitamin B <sub>6</sub> , Pyridoxalphosphat im Blut, Plasma, Erythrozyten Harnausscheidung von Xanthurensäure, 3-Hydroxykynurenin, etc. (nach Tryptophan-Belastung) oder Cystathionin, Cystein-Sulfinsäure (nach Methionin-Belastung)	Protein-Energie-Malnutrition (PEM)	Hämoglobin, Hämatokrit Serum Gesamtprotein, Albumin, Albumin/Globulin-Verhältnis, Transferrin, Retinol-bindendes Protein Cholinesterase, Ribonuklease (Plasma, Harn) Serum-Aminosäure-Verhältnisse (z. B. Whitehead-Index) Kreatinin im Harn (Kreatinin-Index: Kreatinin/24h/cm Körpergröße)
Niacin-Mangel	N'-Methylnikotinamid, N'-Methyl-2-pyridin-5-carboxamid im Harn		Gesamt-Stickstoff, Harnstoff im Harn, pro Zeiteinheit oder pro Kreatinin Sulfat im Harn (pro Zeiteinheit oder pro Kreatinin)
Folsäure-Mangel	Folat im Serum, Erythrozyten Formiminoglutaminsäure, Urokaninsäure im Harn		Hydroxyprolin, Methylhistidin im Harn (pro Zeiteinheit oder pro Kreatinin) Ketonkörper im Harn
Vitamin-B <sub>12</sub> -Mangel	Cobalamin im Serum, Erythrozyten Methylmalonsäure im Harn	Vitamin-A-Mangel	Retinol im Serum, Karotin
Pantothensäure-Mangel	Pantothensäurespiegel im Blut, erythrozyten, Harn	Vitamin-D-Mangel	alkalische Phosphatase, Kalzium, Phosphat im Serum Calciferol, Dihydrocalciferol
Biotin-Mangel	Biotin-Spiegel im Blut, Harn	Vitamin-E-Mangel	Plasma Tocopherol Erythrozyten Hämolyse Test (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Dialursäure)
Vitamin-C-Mangel	Ascorbinsäure im Blut, Erythrozyten, Leukozyten Askobinsäure im Harn (auch als Belastungstest)	Vitamin-B <sub>1</sub> -Mangel	Aktivierbarkeit der erythrozytären Transketolase Thiamin-Spiegel im Harn, Blut, Erythrozyten Pyruvat, Laktat im Blut („Kohlenhydrat-Index“)
Eisen-Mangel	Hämoglobin, Hämatokrit, Erythrozytenzahl Serum-Eisen, Eisenbindungskapazität, Serum Transferrin	Vitamin-B <sub>2</sub> -Mangel	Aktivierbarkeit der erythrozytären Glutathion-Reduktase Riboflavin-Spiegel im Harn, Blut, Erythrozyten
Jod-Mangel	Jod im Serum, Harn		
andere Mineral-Elemente	allgemein entsprechender Spiegel im Blut, Harn (seltener: Haare)		

sel, auch sie reagieren auf Ernährungsstörungen. Seitdem sie durch die Entwicklung von Radioimmuno-Tests relativ leicht meßbar sind, werden sie auch häufiger auf ihre Relevanz für Ernährungserhebungen überprüft.

Manche biochemische Indikatoren spiegeln vor allem die aktuelle Nährstoff-Aufnahme wider, das gilt vor allem für viele Nährstoffspiegel im Blut und noch mehr für die zumessenden Ausscheidungen im Harn, wie beispielsweise die von Stickstoff oder von Ascorbinsäure. Andere Indikatoren sind weniger durch die kürzliche Aufnahme beeinflussbar, das gilt besonders für die Eiweiß- und Enzymwerte im Blut, aber auch für manche Nährstoffe, wie z. B. dem Retinolspiegel im Blut.

Von hohem Wert, ja fast alternativlos, wird der Einsatz von biochemischen Indikatoren dort, wo es gilt den Verdacht von spezifischen Formen von Fehlernährung zu erhärten. So können die Ursachen von Anämien durch Bestimmungen von Eisen, Cobalamin und Folsäure ermittelt werden. Ein Verdacht eines Vitamin A Mangels wird durch Messung des Serumretinol-Spiegels bestätigt, der eines Thiamin-Mangels durch den sogenannten Aktivierungstest der Erythrozyten-Transketo-

lase. Messungen von Lipidwerten deuten auf Fett-Stoffwechsel-Störungen hin; veränderte Blut-Glukose-Toleranzen auf Störungen im Kohlenhydrat-Stoffwechsel (2, 8, 17).

Die Grenzen und Probleme beim Umgang mit biochemischen Indikatoren sollen am Beispiel des Eiweiß-Ernährungszustandes angedeutet werden. Man mißt dafür Konzentrationen im Plasma und/oder im Harn. Sie werden jedoch durch ein ganzes Reaktionsnetz kontrolliert, wie es durch die Darstellung in Abbildung 6 für die Umsatzgrößen im Eiweiß-Stoffwechsel eines Mannes angedeutet wird. Bei der Korrelation von nur einem solchen Indikator, wie z. B. der Stickstoff-Ausscheidung im Harn, mit einer gewöhnlichen Zustandsgröße, wie z. B. Eiweißaufnahme, wird die Regulation nicht transparent. Der Gesamtstoffwechsel erweist sich in diesem Fall als eine sogenannte „black-box“. Man sieht Resultate, weiß aber nicht genau warum das Ergebnis so ist, und nicht anders. Vermeidet man durch kontrollierte Untersuchungsbedingungen viele mögliche Störgrößen, dann kann die Stickstoff-Ausscheidung im Harn in überzeugender Weise die Eiweiß-Aufnahme anzeigen

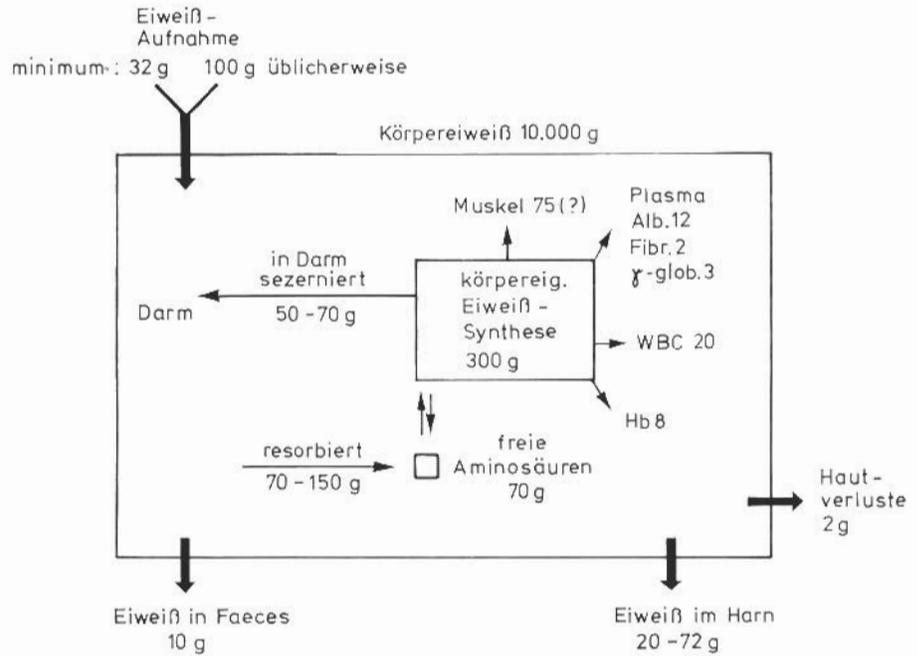


Abb. 6: Überblick über den Eiweiß-Stoffwechsel eines Mannes von 70 kg Körpergewicht (nach [11]).

(Abb. 7). Wenn jedoch die Untersuchungsbedingungen weniger homogen sind, wie es z. B. bei ambulanten Patienten der Fall ist (Abb. 8), und wie es in Feldstudien fast die Regel ist, dann ist die Korrelation bei weitem nicht so gut. Eine Vielzahl von Faktoren wirkt auf den Gesamt-Stickstoff-Metabolismus ein. Jeder Streß, Fieber, Angst, usw. wirkt in Richtung auf eine Erhöhung der Stickstoff-Ausscheidung. Aber auch scheinbar nebensächliche Aspekte können Wirkung zeigen, so ergibt sich eine etwas höhere Serumeiweißkonzentration bei stehenden im Vergleich zu liegenden Probanden (Abb. 9).

So bleibt als **Fazit**: Es gibt keine ideale Meßmethode zur Erfassung des Ernährungszustandes, besonders hinsichtlich ihrer Anwendung in Feldstudien. Es wird wahrscheinlich auch keine geben, da der Ernährungszustand keine eindimensionale und statische Größe ist. Wenn man weiß, welche Aspekte des Ernährungszustandes bei welchen Populationen und unter welchen Umständen bestimmt werden sollen, dann wird man entsprechende Methoden auswählen. Es werden immer mehrere sein. Man muß eine „Test-Batterie“ aufbauen. Einfache Teststreifen nach der Art „dip and read“ gibt es kaum. Ein sehr pragmatisches Kriterium – der ökonomische Faktor – schränkt die Auswahl der Methoden ein. Man muß überlegen, ob ein größerer Aufwand, d. h. mehr Kosten auch wirklich bessere Aussagen über den Ernährungszustand zuläßt.

Neben dem prinzipiellen Manko der fehlenden idealen Methode, kann man bei Ernährungserhebungen sehr oft beobachten, daß das gewonnene Datenmaterial statistisch ungenügend ausgewertet wird. So wird zu oft nur mit Durchschnittszahlen gerechnet. Statt dessen müßten von den einzelnen Indikatoren systematisch die Streubreiten, die sich aus methodischen Gründen und die sich aus der biologischen Variationsbreite (intra- und interindividuelle Schwankung) ergeben (s. Beispiel in Abb. 10) in die Auswertung eingehen. Noch viel zu oft werden die Ergebnisse von Ernährungserhebungen in Form von

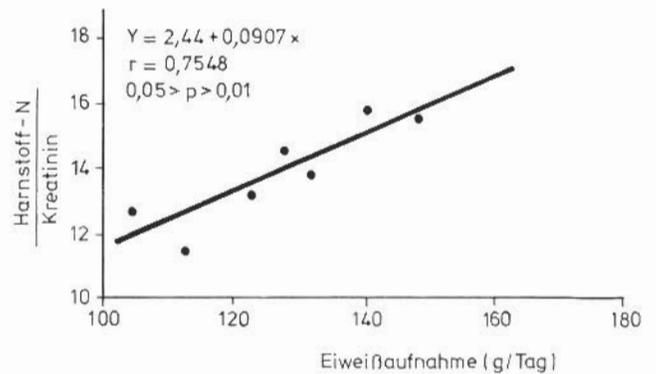


Abb. 7: Beispiel für eine gute Beziehung zwischen einem biochemischen Indikator (hier: Harnstoff-Stickstoff/Kreatinin-Verhältnis im Urin) und der Nahrungsaufnahme (hier: tägliche Eiweiß-Aufnahme) (nach [12]).

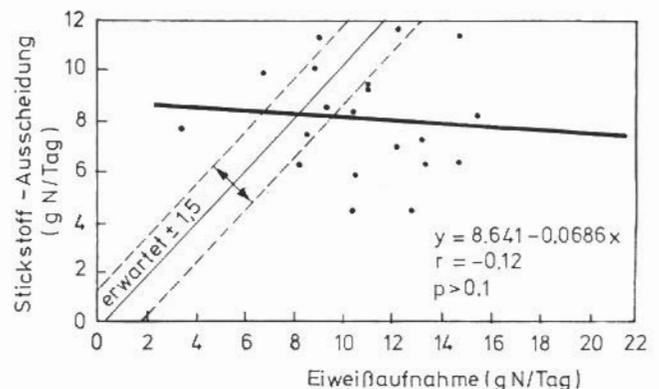


Abb. 8: Beispiel für eine unbefriedigende Beziehung zwischen einem biochemischen Indikator (hier: tägliche Stickstoff-Ausscheidung im Urin) und der Nahrungsaufnahme (hier: tägliche Eiweiß-Aufnahme) (nach [7]).

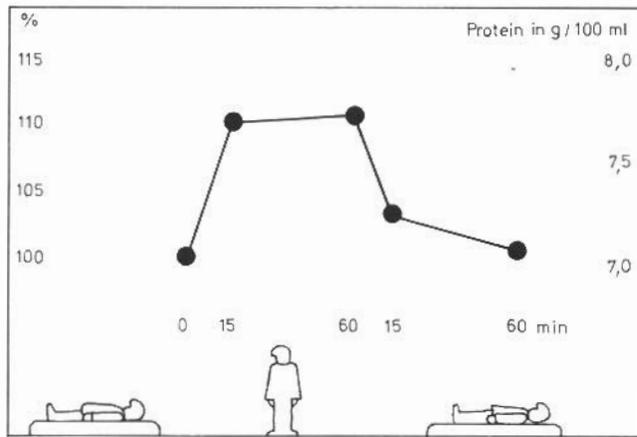


Abb. 9: Änderung der Proteinkonzentration im Serum in Abhängigkeit von der Körperlage bei Gesunden (aus [15]).

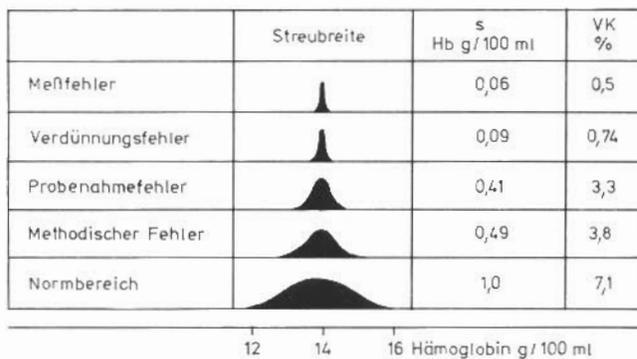


Abb. 10: Fehleranalyse der Hämoglobinbestimmung mit dem Coulter-Counter S (aus [15]).

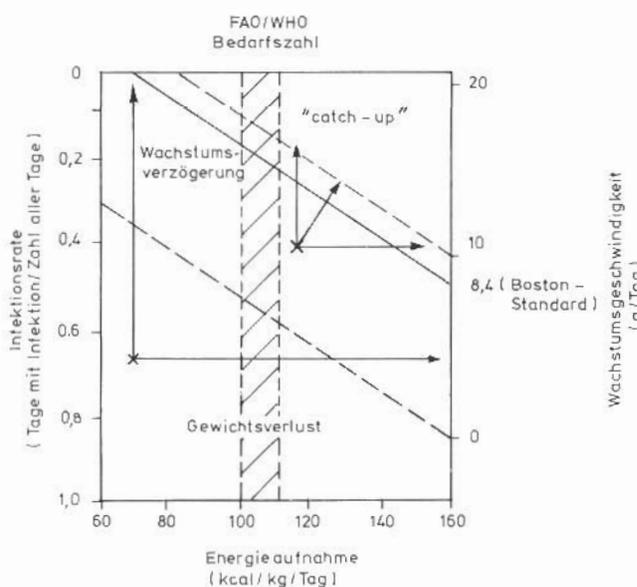


Abb. 11: Zusammenhang zwischen Energieaufnahme, Infektionsrate und Gewichtsentwicklung von gabonischen Vorschulkindern (N = 158, 6 Monate bis 3 Jahre) gewonnen bei einer longitudinalen Ernährungserhebung (nach [10]).  
 Beispiel einer multiplen linearen Regressions-Analyse:  
 Wachstumsgeschwindigkeit (g/Tag) = - 3,0 + 0,18 × (kcal/kg/Tag) - 25 × (Tage mit Krankheit/Summe aller Beobachtungstage).

Grundauszählungen und Kreuztabellen dargestellt, anstatt gängige statistische Methoden zu verwenden. Erst dadurch kann man den Wert der ermittelten Daten voll ausschöpfen. Man kann die Interpretationen damit objektivieren und vergleichbarer machen, wie sich dies beispielsweise in der Darstellung der Abbildung 11 belegen läßt, in der mehrere Indikatoren des Ernährungszustandes gabonischer Kinder in einen Zusammenhang gestellt werden.

**Literatur**

- 1 Aebi, H.: Veränderte Umwelt: Gewinn und Gefahren für unsere Ernährung. Ernähr.-Umsch. 20 (1973) 471-477
- 2 Albanese, A. A. (ed.): Newer Methods of Nutritional Biochemistry. Vol. I-V, Academic Press, New York - San Francisco - London, 1963-1972
- 3 Beaton, G. H. and J. M. Bengoa: Nutrition in Preventive Medicine, WHO, Genf, 1976
- 4 Bengoa, J. M.: Malnutrition and Infectious Diseases, WHO, Genf, Nr. WHO/NUTR/69.128, 1969
- 5 Burgess, H. J. L. and A. Burgess: A Field Workers Guide to a Nutritional Status Survey. Am. J. clin. Nutr. 28 (1975) 1299-1321
- 6 Carroll, K. K.: Experimental Evidence of Dietary Factors and Hormone-dependent Cancers. Cancer Res. 35 (1975) 3374-3383
- 7 Huse, D. M., R. A. Nelson, E. R. Briones and P. A. Hodgson: Urinary Nitrogen Excretion as Objective Measure of Dietary Intake. Am. J. clin. Nutr. 27 (1974) 771-773
- 8 Jelliffe, D. B.: The Assessment of the Nutritional Status of the Community, WHO, Genf, 1966
- 9 Keller, W., G. Donoso and E. M. de Maeyer: Anthropometry in Nutritional Surveillance. Nutr. Abstr. Rev. 46 (1976) 591-609
- 10 Mason, J. B. and R. G. Whitehead: Case-Study - The Gambia. in: Food Policy and Nutrition Division of FAO: Methodology and Design for Nutritional Surveillance Systems. WHO, Genf, Nr. NUT/EC/75. 16, 1975
- 11 Munro, H. N.: Regulation of Body Protein Metabolism in Relation to Diet. Proc. Nutr. Soc. 35 (1976) 297-308
- 12 Ošancová, K.: Correlation of Food Consumption and Biochemical Data in Epidemiological Surveys of the Nutritional Status. Biblthca Nutr. Dieta' 20 (Karger, Basel, 1974) 186-188
- 13 Robson, J. R. K.: Malnutrition. Gordon & Breach, New York - London - Paris, 1972
- 14 Roche, A. F. and F. Falkner (eds.): Nutrition and Malnutrition - Identification and Measurement. Plenum, New York - London, 1974
- 15 Rommel, K.: Einflußgrößen auf klinisch-chemische Parameter. Medsche Welt 29 (1978) 25-30
- 16 Rutishauser, I. H. E. and R. G. Whitehead: Energy Intake and Expenditure in 1-3-year-old Ugandan Children Living in a Rural Environment. Br. J. Nutr. 28 (1972) 145-152
- 17 Sauberlich, H. E., J. H. Skala and R. P. Dowdy: Laboratory Tests for the Assessment of Nutritional Status. CRC Press, Cleveland, 1974
- 18 Scrimshaw, N. S., C. E. Taylor and J. E. Gordon: Interaction of Nutrition and Infection. WHO, Genf, 1968
- 19 Suskind, R. M. (ed.): Malnutrition and the Immune Response. Raven Press, New York, 1977
- 20 Wijn, J. F. de: Field Guide for the Assessment of Nutritional Health. ICFNS Nutrition Papers No. 2, Wageningen, 1978
- 21 Report of a Joint FAO/UNICEF/WHO Expert Committee: Methodology of Nutrition Surveillance. WHO Technical Report Series No. 593, WHO, Genf, 1976

**Anschrift des Verfassers:**

Dr. rer. nat. Ulrich Oltersdorf  
 Institut für Ernährungswissenschaft  
 der Justus-Liebig-Universität  
 Wilhelmstraße 20  
 6300 Giessen