

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

**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit

**Band:** 59 (1968)

**Heft:** 1-2

**Artikel:** Nichtkonventionelle Lebensmittel in einer vom Hunger bedrohten Welt

**Autor:** Mohler, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-982165>

### 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:** 09.01.2026

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

## Zusammenfassung

Zustandsänderungen des Natriumchlorids in Casein-Natriumchlorid-Wasser-Systemen bei verschiedenen relativen Wasserdampfdrücken wurden mittels Röntgenbeugung und Wasserdampf-Sorptionsmessungen untersucht. Die Bedingungen zur Erreichung von stabilen Gleichgewichten bei Änderungen des Hydratationszustandes solcher Systeme wurden ermittelt.

## Summary

Changes in the state of sodiumchloride in casein-sodiumchloride-water-systems at different relative vapor pressures have been investigated by means of x-ray diffraction and water vapor sorption measurements. Conditions for the attainment of stable equilibria after changes in the state of hydration of such systems have been determined.

## Literatur

1. Gál S., Signer R.: Textil-Rundschau **18**, 435—440 (1963).
2. Gál S., Ludi A., Oswald H. R., Signer R.: Helv. Chim. Acta **45**, 806—808 (1962).
3. Gál S., Signer R.: Makromol. Chem. **69**, 125—130 (1963).
4. Diss. Denes Bánkay, Bern 1968. Eine ausführliche Publikation wird in Helv. Chim. Acta 1968 erfolgen.
5. White G. W., Cakebread S. H.: J. Fd. Technol. **1**, 73—82 (1966).

Organisch-chemisches Institut der Universität Bern und Forschungs- und Entwicklungs-Abteilung der HACO AG, Gümligen.

## Nichtkonventionelle Lebensmittel in einer vom Hunger bedrohten Welt

H. Mohler

Physikalisch-chemisches Institut der Universität Basel

Die zunehmende Ueberbevölkerung der Welt lässt die Gefahr einer Welthungernot von unvorstellbarem Ausmaß befürchten, wenn nicht durch Steigerung der Nahrungsmittelproduktion mit allen verfügbaren Mitteln und durch Geburtenkontrolle ihr begegnet wird. Sicher ist der Mangel an Eiweiß und Vitaminen in der Welt weit verbreitet. Die unerlässliche Steigerung der Nahrungsmittelproduktion wird sich in erster Linie auf vorhandene Nahrungsquellen zu erstrecken haben, wobei die Eindämmung der riesigen Verluste auf dem Feld, beim Trans-

port und bei der Lagerung zu den wichtigsten und relativ schnell zu erreichenden Maßnahmen gehört. Daneben muß man Ausschau halten nach neuen Nahrungsquellen, die «nichtkonventionelle Lebensmittel» liefern, bestimmt, die schlimmsten Nahrungsmängel zu beseitigen und ihnen zu begegnen.

### *Bevölkerungsexplosion*

In meinem im Mai 1955 anlässlich der feierlichen Schlußsitzung des ersten Kongresses der Europäischen Föderation für Chemie-Ingenieur-Wesen in Frankfurt a. M. gehaltenen Vortrag über die «Technische Hilfe der Vereinten Nationen» erwähnte ich — im Sinne der damaligen Auffassung der UNO —, daß die Weltbevölkerung in den nächsten 30 Jahren von damals  $2\frac{1}{2}$  auf  $3\frac{1}{2}$  Mrd. ansteigen werde (1). Betrachtete man schon in jenem Zeitpunkt eine solche Bevölkerungszunahme als alarmierend, so ist die Zahl von  $3\frac{1}{2}$  Mrd. heute bereits erreicht, wenn nicht gar schon überschritten. Noch im Jahre 1964 schätzte man die Bevölkerungszahl im Jahre 2000 auf 6 Mrd. Da aber das rapide Bevölkerungswachstum den Höhepunkt noch nicht erreicht hat, haben mehrere Demographen inzwischen schon mehr als 8 Mrd. Menschen für das Jahrhundertende, das heißt in 32 Jahren, errechnet (2). Sehr drastisch kommt die Bevölkerungsexplosion, in der wir stehen, zum Ausdruck, wenn man sie von der Steinzeit bis in die Gegenwart verfolgt (Abbildung 1). Viele Personen, die 1950 schon zur Schule gingen, dürften das Jahr 2000 erleben. Sie werden dann sagen können, daß sich während ihrer Le-

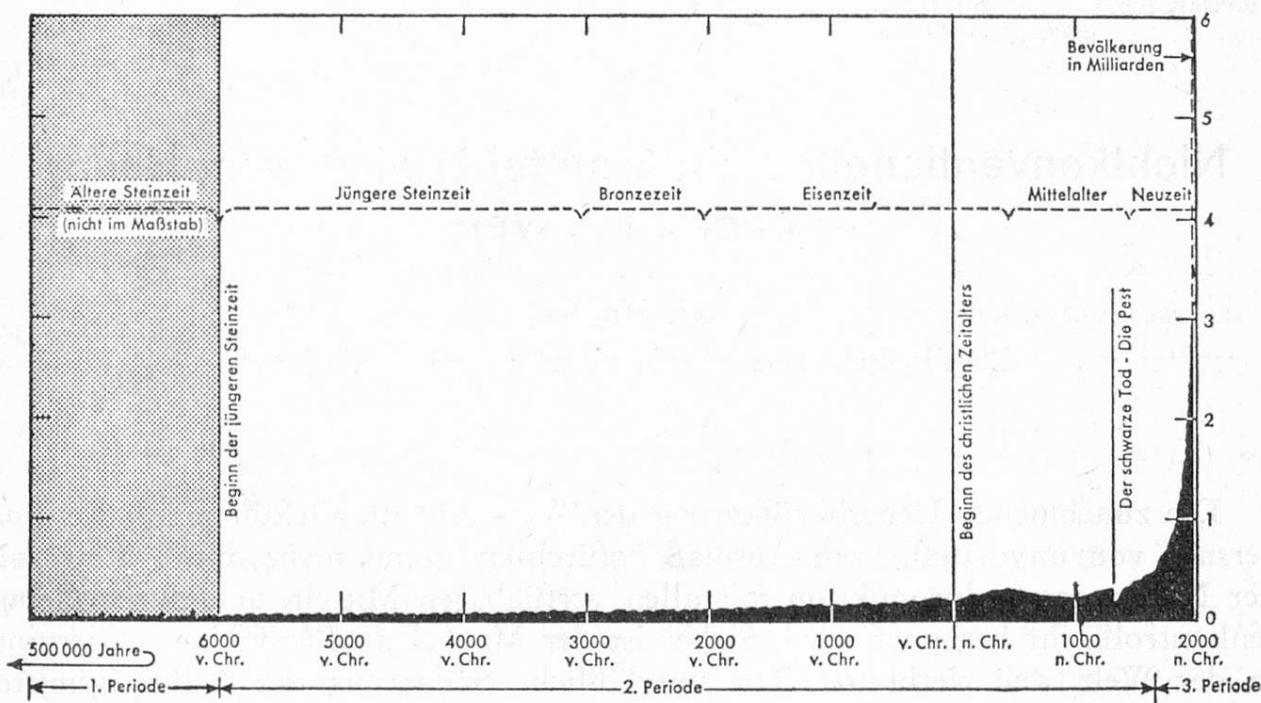


Abbildung 1. Die Erdbevölkerung von der Urzeit bis zur Gegenwart. Für das Jahr 2000 rechnet man bereits mit 8 Mrd. Menschen (Quelle: Baade, 3).

benszeit die Zahl der Erdbewohner verdreifacht hat. Ein solches Phänomen hat bisher keine Generation erlebt. Würde die Bevölkerungsexplosion anhalten, dann stände in 500 bis 600 Jahren jedem Menschen nur noch ein einziger Quadratmeter Festland zur Verfügung, auf dem er stehen, sitzen, aber nicht mehr liegen könnte, was natürlich reine Theorie ist, denn bevor es dazu käme, würden sich die Menschen gegenseitig umbringen.

### *Drohende Welthungrersnot*

Medizin und Hygiene haben Milliarden Menschen das Leben gerettet. Man darf dies als den wunderbarsten Erfolg bezeichnen, dessen sich die Wissenschaft rühmen kann. Nun wissen wir nicht, wie wir diese Milliarden, die wir am Leben erhalten haben, ernähren sollen. Die Nahrungsmittelproduktion pro Kopf der Bevölkerung der Entwicklungsländer sinkt nämlich seit einigen Jahren, und die gegenwärtigen Ueberschüsse der Industriestaaten reichen zur Deckung des Nahrungsdefizits der Dritten Welt nicht aus, wie ich in meiner kürzlich erschienenen Schrift «Ist die Welthungrersnot unvermeidlich?» eingehend belegt habe (3); ich werde zum Teil darauf zurückkommen.

Wie W. und P. Paddock (4) in ihrem soeben in deutscher Sprache erschienenen Buch «Famine — 1975!» zum Ausdruck bringen, werden sich die USA schon Mitte des kommenden Jahrzehnts bei ihren Lebensmittellieferungen in die Hungergebiete der auf dem Schlachtfeld üblichen «Triage»-Methode bedienen müssen, damit die noch verfügbaren Reserven vor allem in die schlimmsten Zonen gelangen. Die Amerikaner haben seit dem Public Law von 1954 sehr bedeutende Anstrengungen gemacht, die Ernährungslage in weiten Teilen der Welt zu bessern und drohenden Hungersnöten vorerst zu begegnen. Bis 1966 haben sie 176 Mio. t Lebensmittel im Wert von 15,7 Mrd. \$ geliefert, größtenteils als grants (Schenkungen) an arme Länder, zum Teil als loans (Darlehen) auf lange Zeit und zu sehr günstigen Bedingungen (5). im Jahre 1966 wurden 60 bis 70 Mio. Kinder von der amerikanischen Landwirtschaft ernährt. Trotz dieser Hilfe ist die Lösung des Welternährungsproblems weiter entfernt als am Anfang.

Angesichts dieser besorgniserregenden Lage sprach C. F. von Weizäcker in seinem im September 1967 in Zürich gehaltenen Vortrag die Befürchtung aus, daß am Ende dieses Jahrhunderts 4 bis 5 Mrd. Menschen schwer unterernährt sind und von den Menschen, die bis dann sterben werden, eine Milliarde an Hunger gestorben sein könnte.

Der Natur können die gegenwärtigen extravaganten Vermehrungsgewohnheiten selbstverständlich nicht mehr weiter gestattet werden. Es kann nicht Ziel der Menschheit sein, die Erde mit einer «Höchstzahl menschlicher Wesen» zu bevölkern und sie durch eine «Höchstmenge an Nahrungsmitteln», die die Erde uns zu spenden hat, am Leben zu erhalten. Eine massive Geburtenregelung ist unerlässlich. Sie ist indessen nur von Erfolg, wenn die sozialen Verhältnisse der Entwicklungsländer gebessert werden: ohne Hebung des Lebensstandards ist jeder Versuch

zur Geburtenregelung utopisch. Infolgedessen tritt uns der Faktor Zeit hemmend entgegen. Dennoch liegt der Schwerpunkt zur Verhinderung einer Weltkatastrophe bei den Anstrengungen zur Eindämmung der Bevölkerungsexplosion. Wie sehr die Ernährungslage verbessert würde, wenn die Maßnahmen zur Steigerung der Nahrungsmittelproduktion von solchen zur Verminderung der Bevölkerungszunahme begleitet würden, zeigt Abbildung 2. Sie enthält drei Kurven:

- Nahrungsbedarf nach der FAO-Schätzung (2300 bis 2400 kcal und nicht 3150 wie im schweizerischen Durchschnitt),
- Nahrungsbedarf bei Senkung der Geburtenrate bis 1980 auf die Hälfte,
- Nahrungsmittelerzeugung bei 1,9 % jährlichem Zuwachs (wie für 1960 bis 1965 errechnet).

Die Senkung der Geburtenrate bis 1980 auf die Hälfte ist nicht zu erwarten, so daß Bevölkerungszuwachs und Nahrungsmittelproduktion in den kommenden Jahren noch mehr als bisher auseinanderklaffen werden.

Die große Tragik besteht jedoch darin, daß die Menschheit schon längst die Grenze überschritten hat, in der eine ausreichende Ernährung gewährleistet ist.

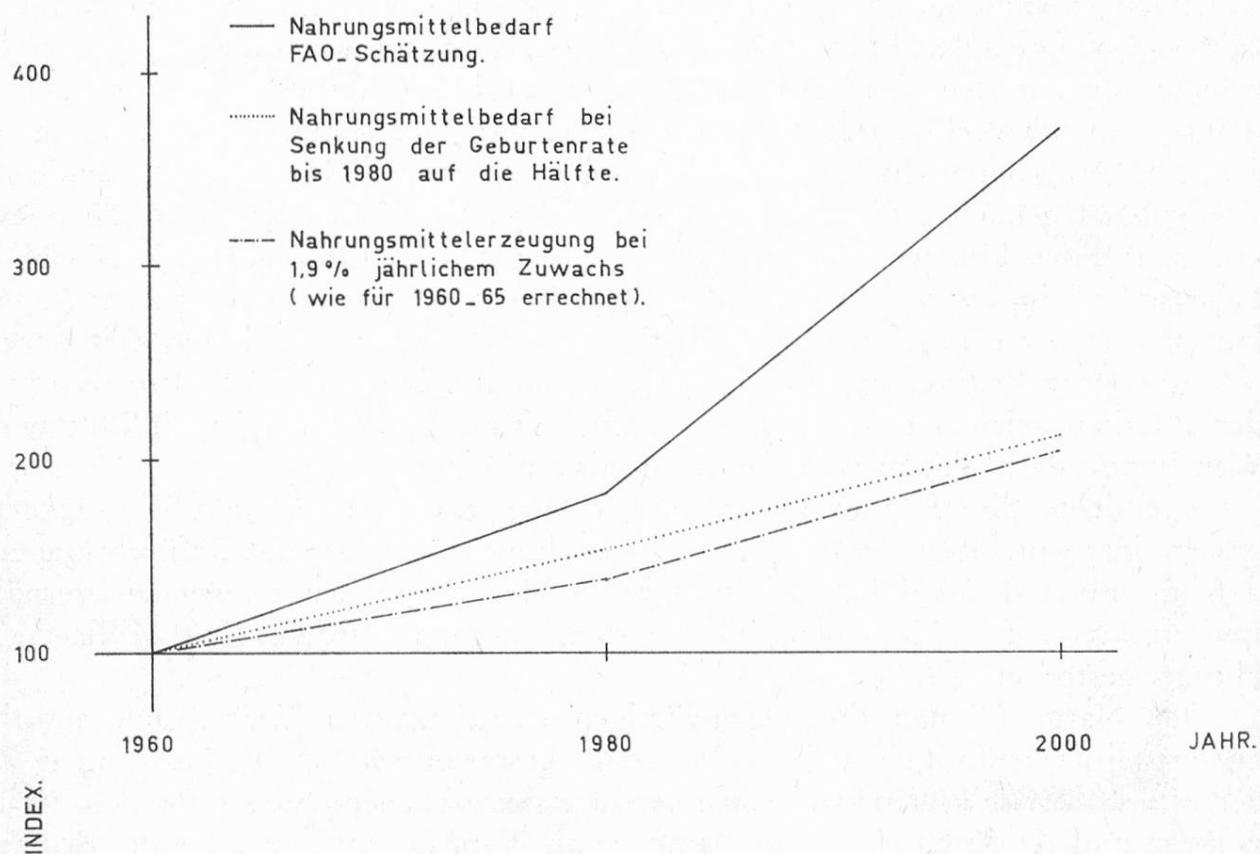


Abbildung 2. Nahrungsbedarf nach FAO-Schätzung und bei Senkung der Geburtenraten bis 1980 auf die Hälfte sowie gegenwärtige Nahrungsmittelerzeugung. Ordinatenmaßstab für die Geburtenrate fehlt. Nahrungsmittelbedarf und Nahrungsmittelerzeugung klaffen immer mehr auseinander (Quelle: Fischnich, 3).

Um nur die Menschen, die gegenwärtig die Erde bevölkern, ausreichend zu ernähren, müßte die Nahrungsmittelproduktion über Nacht verdoppelt werden, was durch Ausdehnung der gegenwärtigen Bearbeitungsmethode aber erst in einigen Jahrzehnten erreicht sein könnte; zudem müßte man sich mehr als bis jetzt dieser Aufgabe zuwenden. Bis dann wird sich die Erdbevölkerung verdoppelt haben. Dabei kommt es nicht nur auf die Deckung des reinen Kalorienbedarfs an, es fehlt vor allem auch an tierischem Eiweiß und an Schutzstoffen. Die Welt-ernährungslage steht unzweifelhaft vor einem gefährlichen Engpaß mit sehr ernsten politischen Folgen.

Bei den Ernährungsbilanzen wird vielfach ein Faktor übersehen, nämlich, daß der Mensch auch eine große Zahl von Tieren, die er zur Arbeitsleistung und zur Nahrungserzeugung braucht, miternähren muß. Man rechnet hier mit «Populationsäquivalenten» (Proteinverbrauch der Tiere, bezogen auf den durchschnittlichen Proteinverbrauch eines Menschen) mit dem Ergebnis, daß zur Deckung des Nahrungsbedarfs der jetzigen Menschheit ein Tierbestand unterhalten wird, der mehr als 15 Mrd. Menschen entspricht (2). Die Umwandlung pflanzlicher Nahrung im Tierkörper erfolgt mit einer Ausbeute von nur 14 % (bei der Milchbildung sind die Verhältnisse besser). Wenn wir infolgedessen eine Kalorie in Form tierischer Nahrung konsumieren, muß das Tier, das uns diese Nahrung liefert, sieben Kalorien pflanzlichen Ursprungs (Gras, Zerealien u. a.) zu sich nehmen. Wenn wir also alle Vegetarier würden, wäre das Ernährungsproblem für eine längere Periode gelöst.

### *Landwirtschaft als Nahrungsproduzent*

Die Landwirtschaft hat im Laufe der Jahrtausende durch die fortwährende Erschließung von Nahrungsneuland der Menschheit größte Dienste erwiesen. Die Nahrungsproduktion auf der Erde beruht in ihrer Gesamtheit bekanntlich auf der in den grünen Pflanzen erfolgenden Photosynthese. Die dabei stattfindende Assimilation des Kohlendioxyds, das nur zu 0,03 % in der Luft vorhanden ist, ist die Grundlage unseres heutigen Lebens. Die Ausnutzung der Lichtenergie beim üblichen landwirtschaftlichen Pflanzenbau ist durchschnittlich nur ca. 1 %. Bei Mais, Klee, Luzerne und einigen Brassica-Pflanzen, die besonders hohe Erträge ergeben, beträgt die Ausnutzung der Lichtenergie während der besten Wachstumsperiode, wenn die Pflanzen den Boden vollständig bedecken, bis 10 %. Bei Chlorella-Kulturen in stark kohlensäurehaltigen Nährmedien steigt die Lichtenergieausnutzung noch stärker an (6).

Auf weite Sicht arbeitet die Landwirtschaft jedoch unrationell: sie beansprucht zu viel Fläche. Die Getreidefelder sind mannshoch, die Kartoffeläcker kniehoch und die Weiden gar nur handhoch. Sie braucht infolgedessen außerordentlich viel Fläche. Könnte man 10 Aecker übereinander bauen, so würden wir pro Flächen-einheit zehnmal mehr landwirtschaftliche Produkte ernten. Da die Pflanze zur

Erzeugung organischer Substanz Licht benötigt, kann die Landwirtschaft von ihrer Weiträumigkeit niemals loskommen. Die jahrtausendalte Methode des Ackerbaus muß daher durch neue Verfahren ergänzt werden. Zudem, meint *Nigel Calder* (7), sei der Mensch nicht dazu bestimmt, Ackerbau zu treiben, sonst hätte er längere Arme und einen von Natur aus gekrümmten Rücken, er sei im Grunde genommen zum Jäger bestimmt. Dennoch wird als Sofortmaßnahme alles unternommen werden müssen, die Hektarerträge noch mehr als bisher zu steigern und weiteres Nahrungsneuland zu erschließen. Die Entwicklungsländer werden ihrerseits der Nahrungsmittelproduktion gegenüber den deviseneinbringenden Monokulturen den Vorzug geben müssen. Doch wie bei der Geburtenregelung steht uns auch hier der Faktor Zeit entgegen. Zudem bedürfen alle diese Maßnahmen eines großen Kapitalaufwandes, den der Westen vorerst nicht bereit ist, im vollen Umfang zu übernehmen. Es wäre unverantwortlich, zu verschweigen, daß die Welternährungslage einer bedrohlichen Phase entgegengesetzt.

### *Einzellige Algen*

Was mit Getreide und den übrigen Kulturpflanzen nicht möglich ist, nämlich die Uebereinanderlagerung mehrerer Kulturschichten, läßt sich mit Algen durchführen. Sie sind wasserbewohnende Gewächse von sehr erheblicher Größe, wie die großen Meeresalgen (Tange), bis hinab zu mikroskopisch kleinen einzelligen Gebilden. Von diesen kleinen Lebewesen hofft man, daß sie sich zur Gewinnung von Nährstoffen, hauptsächlich Eiweiß und Fett, eignen. In Frage kommen vor allem die Grünalgengattungen Chlorella, Scenedesmus und Anabaena. Sie leben freischwebend im Wasser und brauchen zu ihrer Entwicklung nur Licht, Kohlensäure der Luft und Mineralstoffe, aber kein Erdreich wie die höheren Pflanzen. Das Uebereinanderbauen von mehreren Kulturschichten ist mit solchen Organismen also möglich. Sonnenlicht läßt sich durch künstliches Licht ersetzen und die Produktion kann durch Einblasen von Kohlensäure in die Nährlösung gesteigert werden. Nach japanischen Forschungen beträgt der Roheiweißgehalt getrockneter Chlorella-Algen etwa 50 %, das heißt 38 % mehr als Soja und sechs- bis siebenmal mehr als Reis. Sie enthalten ferner 20 % Fett, 20 % Kohlenhydrate und 10 % Mineralsalze. Die Alge ist auch reich an Vitamin A, B (einschließlich B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> und B<sub>6</sub>), C, E und K. Das Pfund wird bereits zu nur 38 Cents hergestellt, allerdings erst im Pilot-Versuch. Wenn auch bis zur großindustriellen Ausnutzung dieser Nahrungsquelle (Chlorella dient auch als Viehfutter) noch ein weiter Weg ist, so wird doch an diesem Problem in vielen Ländern (Japan, Siam, Israel, den Vereinigten Staaten usw.) intensiv gearbeitet.

Man hat errechnet, daß 1 acre (4000 m<sup>2</sup>) Chlorella-Algen jährlich 40 t Trockenprodukt mit ungefähr 20 t Eiweiß produzieren kann. Im Vergleich dazu liefern Sojabohnen auf der gleichen Fläche nur 0,75 t Trockenprodukt mit ungefähr 0,25 t Eiweiß. Die Verdaulichkeit wird durch Trocknen der Algen auf Dampfwalzen erhöht. Andere Berechnungen ergaben, daß Chlorellapflanzungen, die

20 % der Erdoberfläche bedecken, genügen würden, um 7 Mrd. Menschen zu ernähren.

Interesse findet diese einzellige Alge auch für Raumflüge. Der Mensch verbraucht täglich ca. 860 g Sauerstoff und atmet ca. 980 g Kohlensäure aus, während die Alge umgekehrt Kohlensäure verbraucht und Sauerstoff produziert. Die Alge kann also dem Menschen im Raumschiff Sauerstoff liefern und die ausgeatmete Kohlensäure absorbieren; sie kann ihm auch als Nahrung dienen.

### Ozeane als Nahrungsquellen

*Fische.* Etwa 97 % des gesamten Wasservorrates der Welt ruht in den Meeren, die zwei Drittel unserer Erdoberfläche bedecken. Da allein unsere Ozeane 500 Mrd. t Phytoplankton erzeugen sollen, wird häufig die Ansicht vertreten, es müsse möglich sein, das Weltdefizit an tierischem Eiweiß — 70 % der Menschen erhalten zuwenig davon — mit Erzeugnissen der Fischerei ganz oder doch angenähert zu decken. Die erwähnte Menge Phytoplankton würde ausreichen — so wurden am VII. Welternährungskongress in Hamburg 1966 von höchster Warte aus erklärt —, um daraus jährlich 1,65 Mrd. t Fische und andere für die menschliche Ernährung verwertbare Meerestiere zu erzeugen. Diese Menge genüge sogar, die Menschheit am Jahrhundertende, selbst bei Berücksichtigung der jetzigen Bevölkerungsexplosion, mit tierischem Eiweiß zu versorgen.

An sich ist diese Rechnung richtig. Die Erdbevölkerung braucht jährlich 109 Mio. t Protein. Drei Viertel davon stammen von pflanzlichen Produkten, ungefähr ein Viertel werden von Milch, Fleisch, Eiern und Fischen geliefert. 1,65 Mrd. t Meerestiere würden abzüglich des ein Drittel bis die Hälfte betragenden Abfalls ein Mehrfaches des heute zur Verfügung stehenden tierischen Eiweißes ergeben. Aber diese theoretische Menge steht jetzt und auch in Zukunft nicht angenähert zur Verfügung (8). Sie ist ebenso unrealistisch wie die Annahme, der zunehmende Energiebedarf der Menschheit sei durch die Energiereserven der Sonne gesichert. Tatsache ist, daß zurzeit ca. 50 Mio. t Fische und andere Tiere dem Meere entnommen werden, was 1 bis 2 % der Weltnahrungsproduktion entspricht, und daß diese Menge bis zum Jahrhundertende verdoppelt werden könnte. Man wird infolgedessen in vermehrtem Maße auf die Algen des Meeres greifen müssen.

*Meeresalgen.* Nach einer Schätzung der FAO wachsen wenigstens 60 Mio. t große, vielzellige Meeresalgen (Seaweed) längs verschiedener Küsten. An der argentinischen Küste gibt es solche Felder von 50 bis 100 km Länge. Diese Algen enthalten Eiweiß, Kohlenhydrate, Fette, Vitamine und andere organische Anteile sowie Spurenelemente. Das Eiweiß der marinen Algen weist alle essentiellen, das heißt lebensnotwendigen Aminosäuren auf. In Frage kommen Braun-, Rot- und Grünalgen.

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung der wichtigsten eßbaren Meeresalgen und (in Klammern) der daraus hergestellten Produkte.

Tabelle 1. Die wichtigsten eßbaren Meeresalgen und (in Klammern) die daraus hergestellten Produkte (nach Hoppe [3])

Grünalgen	Braunalgen (Forts.)	Rotalgen (Forts.)
Codium-Arten	Laminaria-Arten	Gelidium-Arten
(Miri)	(Kombu)	(Agar)
Enteromorpha-Arten	Nereocystis luetkeana	Gloiopeletis-Arten
(Awo-Nori)	(Seatron)	(Funori)
Monostroma-Arten	Sargassum-Arten	Gracilaria-Arten
(Aonori)	(Hondawara)	(Ceylon und Chinese Moss,
Ulva-Arten	Undaria-Arten	Gulaman, Gulaman Dagat,
(Lechuga de samba)	(Wakame)	Ogo-nori)
<i>Braunalgen</i>	<i>Rotalgen</i>	Porphyra-Arten
Alaria-Arten	Chondrus crispus und	(Laverbread Nori)
(Kausam, Sarumen)	Gigartina-Arten	Rhodymenia palmata
Durvillea antartica	(Carageen)	(Dulse)
(Cochayugo)	Eucheuma-Arten	
Hizikia fusiforme (Hijiki)	(Makassar-Agar)	

Es gibt zahlreiche Anwendungsformen und schmackhafte Rezepte für Meeresalgen in der menschlichen Ernährung. Sie werden roh als Salat oder zubereitet zum Reis, zu Fischgerichten und als Gemüse oder in Suppen und Ragouts gegessen, oft zusammen mit Soja. Vielfach werden Algen ähnlich unserem Sauerkraut eingesalzen.

«Dulse» ist einer der volkstümlichen Namen der Rotalge *Rhodymenia palmata*. Ein pulverisiertes Produkt davon wird in Kanada unter dem Namen «Seadymo» in Kapseln als «a dietary supplement for minerals and vitamins» benutzt. Dulse dient auch als Kautabak. Die Rohstoffe der «Kombu»-Produkte sind Braunalgen (Laminaria-Arten). Die Rohstoffe für die Nori- und Laverbread-Produkte sind dagegen Rotalgen der Gattung *Porphyra*. Unter Laverbread versteht man in England hergestellte Zubereitungen, die vor allen bei den in den USA lebenden Ostasiaten sehr geschätzt sind. Leaverbread wird dort meist gekocht und mit Zitronensaft, Gewürzen und Butter gegessen. Dünne, getrocknete und lagerfähige *Porphyra*-Sheets (Nori-Produkte) kommen zu ca. Fr. 1.20/100 g in den Handel, zu deren Herstellung 1,4 kg frische Algen benötigt werden.

Meeresalgen lassen sich auch künstlich vermehren. Mit der Kultivierung der Rotalge *Porphyra* begann man in Japan schon im 17. Jahrhundert, während man Laminarien an den japanischen Küsten seit ungefähr 300 Jahren kultiviert.

Die Weltproduktion an für die Ernährung des Menschen geeigneten Rot-, Braun- und Grünalgen belief sich 1963 auf 540 000 t, wovon auf Japan 426 000 t entfielen.

Außer an den Küsten gibt es noch küstenferne Algenmassen. Diese frei im Meer mit ihren Schwimmblasen flottierenden Tange finden sich in großer Häufigkeit auf einem Areal, das in Ost-West-Richtung etwa 3000 km mißt, das ist die Saragossa-See. Nimmt man mit Demoll, unter Einbeziehung der an den Polen zu

erwartenden Tangfeldern, in roher Schätzung einen Algenbestand von 200 Mio. t an, mit einem jährlichen Abbau von 10 bis 20 %, so wäre dies ein jährlicher Nahrungsmittelzuschuß von 20 bis 40 Mio. t stark wasserhaltiger Ware.

Neben Algen und Fischen steht im Meer noch sehr wertvolles Plankton zur Verfügung. Zudem dient das Meer in zunehmendem Maße zur Gewinnung von Süßwasser.

*Bilanz.* Ziehen wir die Bilanz, so kommen wir zum Schluß, daß das Meer als zusätzliche Nahrungsquelle vorerst noch eine bescheidene Rolle spielt. Weitere 30 Mio. t Fische aus dem Meer, die in 10 bis 15 Jahren zu erwarten sind, liefern für 2 Mrd. Menschen, die zurzeit ungenügend oder unrichtig ernährt werden, den Nährwert von einem kleinen Hühnerei pro Tag. 20 bis 30 Mio. t Meeresalgen würden, wegen ihres hohen Wassergehaltes, noch weniger ergeben. Zudem sind diese Produkte bisweilen reich an Magnesiumsalzen, die abführend wirken. Das gesamte heute aus dem Meer gewonnene Süßwasser würde gerade ausreichen, um eine Stadt wie Zürich mit Wasser zu versorgen.

Den Früchten aus dem Meer droht aber eine große Gefahr, und zwar durch die Atombombenversuche, die Fische und Algen radioaktiv und damit für die menschliche Ernährung untauglich machen könnten.

### *Eiweiß aus Erdöl*

Schätzungen der Nahrungsmittelproduktion haben ergeben, daß gegen Ende des Jahrhunderts auf konventionellem Wege weder auf dem Land noch aus dem Meer pflanzliches oder tierisches Eiweiß in für die Welternährung ausreichenden Mengen gewonnen werden kann. Auf den Engpaß Eiweiß in unserer Ernährung mußte hingewiesen werden.

Mikroorganismen sind in der Lage, Eiweiß herzustellen. Erforderlich sind Nährösungen, welche die für die Entwicklung der Mikroorganismen und zum Aufbau von Eiweiß erforderlichen Grundstoffe, wozu auch Erdölbestandteile dienen, enthalten.

Unter geeigneten Bedingungen wachsen Mikroorganismen rascher als andere Lebewesen (Tabelle 2). Als Verdopplungszeit gilt jene Zeitspanne, während welcher die Biomasse auf den doppelten Wert ansteigt (9).

*Tabelle 2. Verdopplungszeiten einiger wichtiger Organismen (nach Aiba, Humphrey and Millis, zit. nach Fiechter (9))*

Organismus	Verdopplungszeit
Hefen und Bakterien	20—120 Minuten
Komplexe Mikroorganismen wie Algen	2—48 Stunden
Gras	1—2 Wochen
Kücken	2—4 Wochen
Schwein	4—6 Wochen
Rind	1—2 Monate

In der Absicht, im Kampf gegen die Unterernährung alle möglichen Methoden und erdenklichen Hilfsmittel zur Eiweißproduktion heranzuziehen, vereinbarten Nestlé und Standard Oil gemeinsam die Herstellung eiweißhaltiger Stoffe durch Biosynthese.

Ueber diese Möglichkeiten berichtete *A. Champagnat* (10) und neuerdings auch *A. Fiechter* (9). Zur Synthese von Eiweiß sind Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff erforderlich. Als Quelle für die beiden ersten Elemente können Paraffinkohlenwasserstoffe dienen, die in bestimmten Fraktionen des Erdöls vorkommen. Als Sauerstoffquelle dient Luft. Als Stickstofflieferant wird Ammoniak eingesetzt. Die Synthese aus diesen Grundstoffen wird in erwähnter Weise durch Mikroorganismen besorgt, die daran gewöhnt wurden, ihren Kohlenstoff und ihre Energie statt aus Kohlenhydraten aus Kohlenwasserstoffen zu gewinnen. Der wässrigen Nährlösung müssen auch Phosphate und Kaliumsalze zugesetzt werden. Aus 1 kg Kohlenwasserstoff wird ungefähr 1 kg getrocknete Biomasse (entsprechend 0,5 kg Eiweiß) gewonnen. Sie ist von heller Farbe, geruchlos und von neutralem Geschmack. Außer Eiweiß enthalten die Konzentrate Kohlenhydrate, Fette und Vitamine der B-Gruppe. Sie eignen sich als Beigabe zu Grundnahrungsmitteln des Menschen, aber auch als Futtermittel. Bezogen auf die augenblickliche Weltproduktion an Mineralöl ergibt sich ein ungefähres Potential von 20 Mio. t Eiweiß, was etwa vier Fünftel der Eiweißmenge entspricht, die gegenwärtig aus Fleisch- und Milchprodukten zur Verfügung steht. Auch Erdgas (Methan) kann als Rohstoff für die Biosynthese von Eiweiß dienen.

Tabellen 3 bis 5 zeigen nach *Fiechter* (9) die Eigenschaften von Hefen aus Erdöl. Sie beweisen tatsächlich den ernährungsphysiologisch hohen Wert von aus petrobiologischen Prozessen stammenden Produkten. Es ist noch einiges zu tun, bis das Produkt dem menschlichen Konsum zugeführt werden kann. Im besonderen müßte die Ernährungsindustrie, wie ich zeigte (11), auch für solche Erzeugnisse geruchs- und geschmacksverbessernde Komponenten entwickeln. Zunächst soll nach Pressemeldungen bei Marseille eine Fabrikationsanlage für die kommerzielle Herstellung derartiger Eiweißkonzentrate erstellt werden. Die Produkte dieser Fabrik sind für die Tierfütterung bestimmt.

*Tabelle 3. Zusammensetzung von Trockenhefe aus einer Kohlenwasserstoffzüchtung (nach Champagnat und Mitarbeiter)*

	Anteile in Gew.-%
Wasser	7,03
Total-N	6,92
Eiweiß	43,6
Lipide	18,5
Kohlenhydrate (Stärke)	21,9
Asche	4,43
Ca	0,211
P	1,250
K	0,500
Na	0,060

*Tabelle 4. Gehalt an essentiellen Aminosäuren in Eiweiß verschiedener Herkunft (nach Champagnat und Mitarbeiter)*

Von den Autoren wird besonders der hohe Gehalt der Hefe aus Paraffinen an Lysin hervorgehoben

	Weizenmehl	Kuhfleisch	Kuhmilch	Futterhefe	Hefe aus Erdöl (BP)
Proteingehalt der Trockensubstanz in %	13,2	59,4	33,1	44,4	43,6
Gehalt an Aminosäuren in %					
Leucin	7,0	8,0	11,0	7,6	7,0
Isoleucin	4,2	6,0	7,8	5,5	3,05
Valin	4,1	5,5	7,05	6,0	8,4
Threonin	2,7	5,0	4,7	5,4	9,1
Methionin	1,5	3,2	3,2	0,8	1,2
Lysin	1,9	10,0	8,7	6,8	11,6
Arginin	4,2	7,7	4,2	4,1	8,0
Histidin	2,2	3,3	2,6	1,7	8,1
Phenyl-Alanin	5,5	5,0	5,5	3,9	7,9
Tryptophan	0,8	1,4	1,5	1,6	1,17
Gystin	1,9	1,2	1,0	1,0	0,1

*Tabelle 5. Vitamingehalt einiger Lebensmittel verglichen mit dem Tagesbedarf des Menschen (nach Champagnat und Mitarbeiter)*

Der hohe Vitamingehalt der «Paraffin»-Hefe ist augenscheinlich

Vitamin	Kuhfleisch	Milch	Futterhefe	Hefe aus Erdöl	Tagesbedarf des Menschen in mg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg TS	mg/kg TS	
B, Thiamin	1—3	0,3—0,7	2—20	3—16	2
B <sub>2</sub> , Riboflavin	2	1—3	30—60	75	3
Nicotinsäure	4—100	1—5	200—500	180—200	15
Pantothenäsäure	7—21	1—4	30—200	150—192	3
B <sub>6</sub> , Adermin	1—4	1—3	40—50	23	2
B <sub>12</sub> , Cobalamin				0,11	0,01

#### *Weitere nichtkonventionelle Nahrungsquellen*

*Synthetisches Blattgrün.* An der Synthese des aus mehreren Komponenten bestehenden Chlorophylls wird intensiv gearbeitet; die Synthese von Chlorophyll A ist bereits gelungen. Wenn diese Versuche weiterhin Erfolg haben, könnten — theoretisch — Nahrungsmittel ohne Mitwirkung von Pflanzen hergestellt werden.

*Blattgrüneiweiß.* An der Erzeugung von Kunstmilch wird in England gearbeitet. Grundstoff ist reines, aus Blättern und anderen grünen Pflanzenteilen

gewonnenes Eiweiß. Das Produkt ist als «plant-milk» im Handel. Dieses Pflanzeiweiß kann in Entwicklungsländern auch als Karotinquelle dienen.

*Milch aus synthetischem Futter.* Von der Tatsache ausgehend, daß die Kuh bei der Fütterung mehr Eiweiß vertilgt, als sie mit der Milch für die menschliche Ernährung wieder abgibt, und unwirtschaftliche Nahrungsquellen im Hinblick auf die bedrohte Welternährungslage ausgeschaltet werden sollten, ernährte Virtanen Kühe ohne Eiweiß. Die «Nahrungskekse» enthielten Zellulose, Stärke, ungesättigte Fettsäuren in Form von Maisöl, Vitamin A und D sowie Stickstoff in Form von Ammoniumsalzen und Harnstoff. Derart ernährte Kühe produzierten normale Mengen eiweißhaltiger Milch. Die Kühe arbeiteten also als «Eiweißfabriken». Diesem Verfahren kommt große Bedeutung zu.

*Synthetische Nährstoffe.* Hier sind vor allem synthetische Aminosäuren zu nennen, die zur Aufwertung von Zerealienprotein wichtig sind.

*Pflanzen auf Meeresgrund.* Man arbeitet auch an der Züchtung von Pflanzen, die im Salzwasser gedeihen, um so die Schelfgebiete besser auszunutzen.

*Künstlicher Regen.* Edward Teller, «Vater der Wasserstoffbombe», glaubt, daß Wetterlagen in etwa 20 Jahren künstlich erzeugt werden könnten. Was dies für die Ernährung der Menschheit bedeuten würde, läßt sich ermessen, wenn wir bedenken, wie sehr die Ernten von einem richtig dosierten Regen abhängig sind.

Ohne mit diesen Beispielen alle Probleme, die zurzeit bearbeitet werden, aufgezeigt zu haben, so dürfte doch ersichtlich geworden sein, daß dem Menschen als Jäger faszinierende Aufgaben harren. Es wäre sicher vernünftig, einen Teil der etwa 150 Mrd. \$ betragenden Rüstungsausgaben zur Lösung dieser Probleme abzuzweigen. Doch auch dann dürften nichtkonventionelle Lebensmittel kaum vor dem Jahrhundertende einen nennenswerten Beitrag zur Nahrungsversorgung leisten können.

### Zusammenfassung

1. Die Bevölkerungsexplosion — bis zum Jahrhundertende werden mehr als 8 Mrd. Menschen erwartet — läßt in den Entwicklungsländern schon in naher Zukunft Hungersnöte katastrophalen Ausmaßes befürchten.
2. Da die konventionelle Nahrungsmittelproduktion mit dem Bevölkerungswachstum nicht Schritt hält, werden nichtkonventionelle Nahrungsquellen besprochen: Einzellige Algen, große Meeresalgen, Eiweiß aus Erdöl und aus grünen Pflanzenteilen, Milch aus synthetischem Futter, synthetische Nährstoffe, synthetisches Chlorophyll u. a. m.
3. Es besteht auch Aussicht, Wetterlagen künstlich zu erzeugen.
4. Es wäre sinnvoll und der Erhaltung des Friedens dienlich, einen Teil der etwa 150 Mrd. \$ betragenden Rüstungsausgaben zur Lösung der kritischen Welternährungslage abzuzweigen.

## Literatur

1. Mohler H.: Technische Hilfe der Vereinten Nationen, Dechema-Monographien 26 (1956) 403.
2. Borgstrom G.: Der hungrige Planet, BLV Bayrischer Landwirtschaftsverlag, München/Basel/Wien 1967.
3. Mohler H.: Ist die Welthungernot unvermeidlich?, Haupt, Bern 1967.
4. Paddock W. und P.: Famine 1975!, Weidenfeld und Nicolson, London 1968.
5. Adam R.: Nordamerika, der Brotkorb der Welt, Ernährungs-Umschau 15 (1968) 111.
6. Virtanen A. I.: Ernährungsmöglichkeiten der Menschheit und der Chemie, Naturw. Rdsch. 14 (1961) 371.
7. Calder N.: Vor uns das Paradies?, Desch, München/Wien/Basel 1968.
8. Meyer-Waarden: Welchen Beitrag kann die Fischereiwirtschaft zur Linderung des Hungers in der Welt leisten?, Ernährungs-Umschau 14 (1967) 241.
9. Fiechter A.: Mikrobiologische Eiweißgewinnung aus Kohlenwasserstoffen, Chimia 21 (1967) 501.
10. Champagnat A. und Mitarbeiter: Biosynthesis of Protein-Vitamin-Concentrates from Petroleum, Nature 197 (1963) 13.
11. Mohler H.: Vom Hunger zum Mangel im Ueberfluß, Roche-Ztg. 1967, Heft 2, S. 3.

## Les méthodes de numération des germes microbiens

Par Emile Novel

(Service d'hydrobiologie et de microbiologie des denrées alimentaires Genève)

### Introduction

Dès le début de la science naissante qu'était alors la bactériologie — il y a moins d'un siècle — nombre de chercheurs se préoccupèrent de l'évaluation du nombre de germes que pouvait contenir un matériel donné par unité de volume. L'intérêt scientifique seul conduisait les expérimentateurs qui se contentaient de formuler un chiffre absolu mettant en évidence la présence de 6 millions de bactéries au ml dans une eau d'égout (*Miquel*) (1) ou l'extrême richesse en germes de la poussière qui comporte de 1 à 2 millions de microbes au gramme. L'on remua le sol à des profondeurs diverses pour en déterminer la teneur en micro-organismes où l'on en trouva plus que l'on ne pouvait l'imaginer (800 000 à 900 000 germes au gramme en moyenne). L'on fouilla les couches de l'atmosphère pour y déceler l'ermite microbien qui, à 3 000 mètres d'altitude, virevolte, unique, dans un espace vital d'un mètre cube; l'on traqua, microscope en main, le germe solitaire qui à chacune de nos exhalations libère des attaches préhensives des cils épithéliaux bronchiques échappant au sort malheureux de ses 599 confrères inspirés en même temps que lui. Il n'est pas jusqu'à la glace, la neige,