

Tabelle 2

Verarbeitungsverfahren für naturbelassene, tiefgefrorene Fischstücke in Klarsichtverpackung

Verpackungsart	Schrumpferpackung	Vakuumverpackung
Besondere Vorbehandlung des Produktes	keine	Ausbluten in fangfrischem Zustand (manuell)
Verpacken	in Schrumpffolie (manuell bzw. halbautomatisch ²⁾)	in Verbundfolie, evakuiert verschweißt (vollautomatisch möglich)
Tiefgefrieren	im Horizontalplatten-Gefrierapparat unter elastischer Pressung (manuell)	im Gefriertunnel (vollautomatisch möglich)

dings zusätzlich und in sachgemäßer Weise erforderliche — Ausbluten der Fische im fangfrischen Zustand beschränkt. Das Verpackungsverfahren mit Vakuumverpackung erfüllt damit im ganzen gesehen die für eine Verarbeitung von Massenprodukten gestellten Voraussetzungen.

Letzten Endes entscheiden über die Anwendbarkeit und den Wert eines Verarbeitungsverfahrens sowohl die Vermarktungsfähigkeit des erzeugten Produktes wie die Anforderungen des Marktes insbesondere auch im Hinblick auf die regional vielfach unterschiedlichen Verbrauchergewohnheiten.

Weitere Literatur

W. Flechtenmacher, Sehechtverarbeitung an Bord/Verarbeitung von fangfrischem Sehecht zu verkaufsfertigen tief-

gefrorenen Karbonaden in Klarsicht-Verpackung. Information für die Fischwirtschaft **14**, 131 [1967].

W. Flechtenmacher, Tiefgefrieren von Karbonaden-Portionen an Bord. Jahresbericht 1967, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg, S. C 65/66.

V. Meyer u. W. Flechtenmacher, Tiefgefrorene Fisch-Karbonaden in Klarsicht-Verpackung. Jahresbericht 1968, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg, S. C 66/67.

Testessen wurde kleines Festessen. Allg. Fischwirtschaftszeitung **20**, 9 [1968].

V. Meyer u. W. Flechtenmacher, Produktion tiefgefrorener Fisch-Karbonaden für Verkaufstests. Jahresbericht 1969, Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg S. C 82.

W. Flechtenmacher, Versuche zur Vakuumverpackung von Fischstücken zum Tiefgefrieren. Jahresbericht 1969, S. C 82/84. Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg.

Torry Research Station/Aberdeen: Packages and Packaging Material for Fish/Packaging of Frozen Fish. OECD-Report, Paris, February 1969, S. 40/56.

Der Vitaminbedarf bei Fischen

Von Prof. Dr. H. Mann

Aus dem Institut für Küsten- und Binnenfischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg

Es wird der Vitaminbedarf der Süßwasserfische, insbesondere Karpfen und Forellen, behandelt. Bei Fischen in natürlichen Gewässern wird der Bedarf durch die Nahrung gedeckt. Werden dagegen Fische in Teichen oder Netzhältern gehalten, müssen die Futtermittel (pellets) mit Vitaminen angereichert werden. Bei zu geringem Gehalt oder gänzlichem Fehlen von Vitaminen treten, ähnlich wie bei anderen Haustieren, Mangelerscheinungen in Form von Störungen des Wachstums, Atrophie der Muskeln oder Nervenstörungen auf. In einer Tabelle sind die bisher bekannt gewordenen Mangelerscheinungen und der tägliche Vitaminbedarf pro kg Fischgewicht bzw. kg Futter zusammengestellt.

Vitamin Requirement of Fishes

Vitamin requirement of sweet water fishes, especially of carp and trout is dealt with. For fishes in natural water, this requirement is met by the feed. However, if the fishes are held in ponds or traps, vitamins must be incorporated to the feeds (pellets). As in the case with other domestic animals, at low levels of vitamins or in their absence symptoms of deficiency relating to growth, muscle atrophy and nervous disorders are observed. The hitherto known symptoms of deficiency in fishes and their daily vitamin requirement per kilogram weight of fish or per kilogram feed are summarized in a table.

In der Ernährungslehre für den Menschen und die Haustiere ist es selbstverständlich, daß in einem Futtermittel neben den Grundnährstoffen — Eiweiß, Fette, Kohlehydrate, Mineralstoffe — in ausreichendem Maß auch Vitamine enthalten sind. Bei den Fischen in freien Gewässern, Flüssen und Seen hat man angenommen, daß die in der Natur vorkommenden Nährtiere und

Le besoin de vitamines chez les poissons

On traite du besoin de vitamines des poissons d'eau douce, en particulier des carpes et truites. Dans les eaux naturelles, ce besoin est couvert par la nourriture. Par contre, dans les viviers, il importe que celle-ci soit enrichie avec des vitamines. Dans un tableau, on établit les phénomènes de carence et le besoin de vitamines journalier par kg de poids vif ou de nourriture.

Потребность рыбы в витаминах.

Работа занимается потребностью пресноводных рыб (в особенности карпа и форели) в витаминах. У рыб природных водоемов эта потребность покрывается кормом. Если же рыбы содержатся в прудах или увлажнительных сооружениях, то необходимо обогащать корм гранулированный комбикорм) витаминами. При недостаточном содержании витаминов или при полном их отсутствии наступают (подобно тому как у остальных домашних животных) явления недостаточности в виде нарушения роста, атрофии мышц или нервных расстройств. В таблице приводятся известные в настоящее время явления недостаточности и суточная потребность в витаминах на 1 кг рыбы или на 1 кг корма.

Nährpflanzen den Vitaminbedarf der Fische vollkommen decken. Wenn man sich die Nahrungskette in einem Gewässer ansieht, so ist dies auch vollkommen richtig. Denn viele der Fischnährtiere nehmen pflanzliche Nahrung und damit die wichtigsten Vitamine auf und geben sie an ihre Konsumenten weiter. Raubfische decken den Bedarf durch ihre Beutetiere. Eine Anzahl Fische —

unter den deutschen Arten sind es nur wenige — nehmen direkt pflanzliche Nahrung zu sich. Neuerdings ist als ausgesprochener Pflanzenfresser der chinesische Graskarpfen (*Ctenopharygodon idella*) nach Europa und in die deutschen Karpfenteichwirtschaften eingeführt.

Von den in den freien Gewässern lebenden Fischen kann man daher wohl sagen, daß sie sich noch „natürlich“ ernähren und ihren Vitaminbedarf voll decken. Es sind daher in der freien Natur bei Fischen bisher noch keine Erkrankungen durch Vitaminmangel beobachtet worden.

Die Vitaminfrage wurde in dem Augenblick auch für die Fischerei akut, als man in der Teichwirtschaft zur Intensivzucht überging. Während man sich bis etwa zur Jahrhundertwende in der Karpfenzucht allein auf Naturfutter eingestellt hatte, d. h. die Karpfen in der Hauptsache das in Teichen vorhandene Naturfutter abweiden ließ, gingen die Teichwirte in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg dazu über, ihre Karpfen zusätzlich mit Futtermitteln wie Roggen, Mais, Lupine usw. zu füttern. Seit etwa 10 Jahren sind wir in eine dritte Entwicklungsphase in der Teichwirtschaft eingetreten. An Stelle des Zusatzfutters zum Naturfutter ist das Alleinfutter in Form von Pellets getreten. Ähnlich war die Entwicklung in der Forellenzucht. Während die Forellenzüchter bis vor etwa 10 Jahren ihre Forellen mit Süß- und Seefischen, Fleisch aus Tierverwertungsanstalten, Leber und Milz unter Zusatz von Fleisch- und Fischmehlen fütterten, ist es heute üblich, in der Intensivzucht nur mit Trockenfuttermitteln (Pellets) zu füttern.

Trotz dieser rapiden Entwicklung zum künstlich hergestellten Trockenfutter sind unsere Kenntnisse über die ernährungsphysiologischen Grundlagen des Karpfens und der Forelle noch verhältnismäßig gering. Neben dem Gehalt an Eiweiß kommt im Alleinfuttermittel den Vitaminen große Bedeutung zu. Bekanntlich ruft ihr Fehlen oder ihr ungenügendes Vorhandensein in der Nahrung schwere Mangelerscheinungen hervor, die sogar zum Tode führen können. Typisch für die Vitamine ist, daß der Bedarf quantitativ sehr gering ist.

Als erstes erhebt sich die Frage: Welche Vitamine sind für die Fische wichtig? Die ersten grundlegenden Untersuchungen auf diesem Gebiet wurden von amerikanischer Seite an Lachsen und Forellen durchgeführt, in jüngster Zeit haben sich die Japaner ausgiebig mit dem Vitaminbedarf des Karpfens befaßt. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen kann man schließen, daß die Bedürfnisse an Vitaminen sich bei den einzelnen Fischarten grundsätzlich nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

In der Vitaminlehre ist es üblich, eine Einteilung nach der Löslichkeit vorzunehmen: Vitamin A, D, E und K sind fettlöslich, die übrigen Vitamine wie der Komplex der B-Vitamine, Vitamin C, Nicotinsäureamid und Pantothenensäure sind wasserlöslich.

Über die Bedeutung der fettlöslichen Vitamine für Fische ist noch verhältnismäßig wenig bekannt. Sicher ist, daß zur Aufnahme von fettlöslichen Vitaminen Nahrungsfett notwendig ist. *H. Ave* und Mitarbb.¹ konnten eindeutig in Versuchen an jungen Karpfen zeigen, welche Bedeutung Vitamin A für das Wachstum hat. Füttert man junge Karpfen (2 bis 3 g Anfangsgewicht)

¹ *H. Ave, I. Masuda, T. Mimura and A. Komo*, Requirement of young carp for vitamin A, Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 34, 959 [1968].

mit einem Futter, dem Vitamin A fehlt, so zeigen sich innerhalb von 8 bis 16 Wochen folgende Mangelsymptome: Freßunlust, schlechtes Wachstum, Verblassen der Körperfarbe, Entzündungen auf der Haut und den Flossen, Aufwölbungen der Kiemen, Verkleben der Kiemenblättchen, Bildung von Glotzaugen und eine erhöhte Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel. Setzt man dem Futter künstlich Vitamin A zu, so geht die Freßunlust zurück und das normale Wachstum setzt wieder ein, doch die anderen Mangelerscheinungen verlieren sich im Verlauf von 13 Wochen der Versuchsdauer nicht. Nach den Mangelerscheinungen und dem Gehalt an Vitamin A in der Karpfenleber läßt sich der Bedarf junger Karpfen mit 400 bis 2000 I. E. pro 100 g Futter oder 100 bis 500 I. E. pro kg Körpermasse und Tag angeben. Bei Regenbogenforellen rechnet man mit 250 bis 500 I. E. Vitamin A pro 100 g Futter.

Vorstufen dieser Vitamingruppe findet man in Form von Carotininen in Pflanzen, Krebsen und anderen Nährtieren. Diese können mit der Nahrung aufgenommen und im Fischkörper abgelagert werden. Es ist wohl sicher, daß hierauf der hohe Gehalt der Leber mancher Fische an diesem Vitamin beruht. Wie hoch der Gehalt an Vitamin A und Carotinoiden der Leber im Vergleich

Tabelle 1

Gehalt an Vitamin A und Carotinoiden der Leber im Vergleich zu anderen Organen des Körpers

Leber	übriger Körper		Leber	Kopf und Eingeweide ohne Leber	Rumpf (Muskeln, Knochen, Haut)
100	5	Vitamin A	100		
100	136	Carotinoide	100	126	192

zu anderen Organen des Körpers ist, geht aus Tab. 1 hervor (nach *G. Brunner, G. Keiz* und *E. Kolb*²), wenn man den Gehalt der Leber gleich 100 setzt.

Danach ist die Leber das Hauptspeicherorgan. Es bestehen geringe Unterschiede bei den Geschlechtern der Fische, da der Gehalt bei geschlechtsreifen Weibchen etwas geringer ist. Der Vitamin-A-Gehalt ist zu den einzelnen Jahreszeiten unterschiedlich, er nimmt bis in den September hinein stetig zu und sinkt im Oktober bereits wieder ab, wohingegen das Wachstum auch im Oktober noch steigende Tendenz zeigt. Während des Winters fällt der Vitamin-A-Gehalt, wobei die Überwinterungsverhältnisse für die Höhe des Abfalls eine wesentliche Rolle spielen. Unter normalen Bedingungen beträgt der Verlust etwa 4,5%, bei ungünstigen Verhältnissen kann er bis auf 29% steigen. Interessant ist, daß die Art der Futtermittel sich auf Vitamin-A- und Carotinoidgehalt in der Karpfenleber deutlich auswirkt. Wie aus Tab. 2 hervorgeht, weisen die gefütterten Karpfen beider Versuchsgruppen einen niederen Vitamin-A-Gehalt auf als die ungefütterten Kontrollfische, die nur

² *G. Brunner, G. Keiz u. E. Kolb*. Untersuchungen an Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) über die Abhängigkeit des Vitamin A- und Carotinoidgehalts von Entwicklung, Alter, Ernährung, Gesundheitszustand, Geschlecht und Beschuppungstyp der Fische, Arch. Fischereiwiss. IX, 53 [1958].

Tabelle 2

Vitamin-A- und Carotinoidgehalt der Leber dreisömmriger, verschieden gefütterter Karpfen sowie der ungefügerten Karpfen (nach G. Brunner, G. Keiz und E. Kolb²)

	Gesamtgewicht g	Lebergewicht %	Vitamin-A-Gehalt der Leber			Carotinoidgehalt der Leber		
			γ/100 g Leber	γ/Ges. Leber	γ/100 g Körper- gewicht	γ/100 g Leber	γ/Ges. Leber	γ/100 g Körper- gewicht
Kontrolle ♂ und ♀	1345	2.8	9310	3470	260	264	97	7.3
Sojafütterung ♂ und ♀	1450	3.3	5980	2780	194	145	69	4.8
Kontrolle ♂ und ♀	1488	3.3	6324	3022	202	156	75	5.1
Sojafütterung ♂ und ♀	1640	3.3	4472	2823	176	427	219	13.8

auf Naturnahrung angewiesen waren. Das ist ein erneuter Beweis für den Wert der Naturnahrung.

Einen weiteren Beweis hierfür erbrachten auch Fütterungsversuche an Karpfen³ die in Käfigen gehalten und mit verschiedenen Futtermitteln gefüttert wurden. Alle Fische erhielten ein Grundfutter (als Kontrolle nur solches), dem Algen, Fischmehl, Futtermehle u. a. beigemischt wurde. Der Vitamingehalt der Fischlebern hatte sich zum Ende der Vegetationsperiode hin in allen Versuchsgruppen erhöht. Es zeigte sich aber, daß der Carotinhalt im Futter einen positiven Einfluß auf den Vitamin-A-Gehalt der Leber hatte, denn die mit Algenzusatz gefütterten Karpfenlebern wiesen den höchsten Gehalt an Vitamin auf, aber auch bei Hefezusatz war der Grundwert um 50% erhöht.

Erstaunlich ist, daß bei Karpfen, die in ihrem Wachstum künstlich zurückgehalten waren, der Vitamin-A-Gehalt der Leber sehr niedrig, der Carotinoid-Gehalt dagegen relativ hoch blieb. Krankheiten der Karpfen wirkten sich unterschiedlich aus. Bei der Pockenkrankheit, einer durch Virusinfektion verursachten Krankheit, war keine Veränderung im Vitamin- und Provitamingehalt festzustellen, bei der infektiösen Bauchwassersucht, deren Erreger ein Bakterium ist, sank dagegen mit Zunahme der Erkrankung auch der Gehalt an Vitamin A. Interessant ist, daß sich die beiden extremen Beschuppungstypen des Karpfens, Schuppenkarpfen und Nacktkarpfen, in ihrem Vitamin-A-Gehalt insofern unterscheiden, als er beim Nacktkarpfen deutlich höher liegt.

Ein enger Zusammenhang besteht zwischen dem Carotinoidgehalt der Eier und ihrer Befruchtungsfähigkeit. Nach M. Hartmann und F. von Medem⁴ ist das Vorhandensein bestimmter Carotinoide beim Befruchtungsvorgang unbedingt erforderlich. In der Forellenzucht gilt als Erfahrungstatsache, daß sich gut gefärbte Eier

sehr viel besser entwickeln als blasse oder gelbliche. Um die Färbung (= Carotinoidbildung) zu fördern, füttern die Züchter daher besonders vor der Laichzeit ihre Laichfische mit Krebsen oder Muscheln. Neuerdings versucht man durch Zugabe eines „künstlichen“ Carotinoids zum Trockenfutter bei Forellen den Vitamingehalt zu fördern. Nach Beobachtungen von J. Deufel⁵ zeigen Forellen bei Verabreichung von Canthaxanthin im Trockenfutter nach wenigen Monaten lachsartig gefärbtes Fleisch. Weiterhin hat dieses Carotinoid eine positive Wirkung auf Wachstum, Laichreife und Befruchtung. In seinen Versuchen waren in der Kontrolle 4.1% der Eier nicht befruchtet, während bei Zusatz von Canthaxanthin zum Futter der Elternfische der Prozentsatz unbefruchteter Eier auf 0.1% herabgedrückt wurde. Der Zusatz betrug etwa 4 mg pro kg Futter.

Als weiteres wichtiges fettlösliches Vitamin wäre Vitamin D zu nennen, das als antirachitisches Vitamin bekannt ist. Nach alten Untersuchungen⁶ soll das Muskelfleisch von Seefischen frei von Vitamin D sein, während in der Muskulatur geräucherter Fische Vitamin D nachgewiesen wurde. Über den Bedarf der Fische an Vitamin D ist bisher nichts bekannt. Doch führt man manche Krankheiten bei Zuchtfischen auf einen Mangel an Vitamin D zurück. So werden Einrollungen, Verkürzungen und Schäden an Kiemendeckeln, sowie Auffaserungen an den Flossen als Mangelerkrankungen an Vitamin D aufgefaßt. Knochenweiche als Störung im Kalkstoffwechsel kann gelegentlich bei infektiösen Krankheiten⁷, wie Bauchwassersucht oder Pockenkrankheit, auftreten und ebenfalls als Vitaminmangelerkrankung gedeutet werden. Bei Wildfischen beobachten wir rachitische Veränderungen, wenn sie mit Endoparasiten stark befallen sind. Es ist daran zu denken, daß die Parasiten eine Störung in der Vitaminversorgung der Wirtsfische hervorrufen. Versuche, den Vitamin-D-Gehalt durch Zugabe von reinem Vitamin D zum Trockenfutter zu verbessern,

³ I. I. Stojanovski, Der Vitamin A-Gehalt in der Leber zweisömmriger Karpfen bei Käfigaufzucht in Abhängigkeit vom Karotingehalt des Futters, 1969, nach Landw. Zentralbl. 1970. 994.

⁴ M. Hartmann u. F. Graf von Medem, Über die Gynogamone der Regenbogenforelle, Die Naturwissenschaften 34. 25 [1947].

⁵ J. Deufel, Pigmentierungsversuche mit Canthaxanthin bei Regenbogenforellen, Arch. Fischereiwiss. XVI, 125 [1965].

⁶ W. Schäperclaus, Lehrbuch der Teichwirtschaft, Verlag Parey, Berlin und Hamburg 1967.

⁷ H. Mann, Chemische Untersuchungen über Knochenweiche bei Karpfen, Arch. Fischereiwiss. III, 105 [1951].

haben bisher keinen Erfolg gehabt. Lediglich in Verbindung mit den anderen Vitaminen A, B und C ließen sich Wachstumserfolge erzielen⁶.

Wesentlich besser sind unsere Kenntnisse über den Bedarf an dem Vitamin B₁, das zu den wasserlöslichen Vitaminen gehört und auch als Aneurin oder Thiamin bekannt ist. Es ist an der Verbrennung von Kohlehydraten und Alkohol beteiligt und regelt den Fettstoffwechsel. Ein Fehlen in der Nahrung führt beim Menschen zu einer Krankheit, die als Beriberi bezeichnet wird und sich vor allem durch Nervenentzündungen bemerkbar macht. Natürlicherweise kommt Vitamin B₁ in Hefe, Leber, Fleisch und den Kleberschichten von Getreide und Hülsenfrüchten vor.

Erscheinungen einer B₁-Avitaminose bei Fischen wurden erstmalig von U. Lieder⁸ beobachtet. Nach einer Fütterung thiaminreicher Nahrung über 12 Wochen an Karpfen traten plötzlich Krämpfe auf, daneben zeigte sich Muskelatrophie, auch wurden Glotzaugenbildung und beschleunigte Atmung beobachtet. Als die erkrankten Fische eine Injektion von 0,5 mg Vitamin B₁ erhielten, erholten sie sich schnell. Nach japanischen Untersuchungen⁹ soll der Bedarf des Karpfens an Thiamin extrem niedrig sein, denn es gelang, Karpfen mit kohlehydratreicher und vitaminarmer Nahrung über 16 Wochen gesund zu erhalten. Doch sobald der Nahrung Antithiamine (Amprolium- Pyriethiamin oder Oxythiamin) zugefügt wurden, traten typische Mangelerscheinungen, wie Freßlust, Abblassen der Körperfarbe, Gleichgewichtsstörungen oder Wachstumsverzögerung, auf. Sie konnten sofort beseitigt werden, wenn Thiamin mit dem Futter durch Injektion oder dem Aquarienwasser zugegeben wurde. Der Thiaminmangel machte sich auch in einem geringen Gehalt des Vitamins in der Leber der erkrankten Fische bemerkbar.

Regenbogenforellen sind einem Thiaminmangel gegenüber wesentlich empfindlicher, da schon nach 5 bis 6 Wochen bei vitaminarmer Nahrung hohe Verluste auftreten. Vermutlich werden manche Forellenkrankheiten (Leberdegeneration und Virusseptikämie) durch Thiaminmangel gefördert. Der Bedarf von Forellen soll durch 0,15 mg Thiamin pro kg Körpermasse und Tag gedeckt sein.

Auch das Vitamin B₂ (Laktoflavin oder Riboflavin) gehört zu den nötigen Minimumstoffen in der Nahrung der Fische. Werden junge Karpfen mit einer riboflavinarmen Nahrung gefüttert¹⁰, so zeigen sich zunächst Entzündungen an verschiedenen Körperstellen, danach treten Appetitlosigkeit, Abmagerung, schlechtes Wachstum und schließlich hohe Mortalität auf. Daneben werden auch Nervenstörungen, Leber- und Herzschäden beobachtet. Bei gleichzeitig untersuchten Salmoniden stellte man zusätzlich Schädigungen der Augenlinsen fest, in deren Folge Dunkelfärbungen der Haut auftraten. Vollkommener Mangel an Riboflavin führte zu einem Stillstand des Wachstums. Alle beobachteten Mangelerschei-

nungen konnten zum Stillstand oder Abklingen gebracht werden, wenn das Vitamin dem Futter zugesetzt wurde^{10, 11}. Über die Höhe des Vitamin B₂-Bedarfs bestehen etwas unterschiedliche Auffassungen; sie werden mit 0,11 bis 0,33 mg/kg Körpermasse pro Tag angegeben. Doch hat sich bisher noch kein Schaden bei einer Überdosierung herausgestellt. Es ist anzunehmen, daß der Bedarf je nach den sonstigen Gegebenheiten unterschiedlich sein kann.

Zum Komplex der B₂-Vitamine rechnet man auch das Nikotinsäureamid und die Pantothenensäure. Nach neueren Untersuchungen kann das Nikotinsäureamid (Niacid) bei höheren Tieren aus der Aminosäure Tryptophan aufgebaut werden. Daher dürfte man es nicht zu den eigentlichen Vitaminen zählen. Mangel an diesem Stoff ruft Störungen im Stoffwechsel und Nervensystem hervor. Bei Karpfen zeigt sich ein Niacidmangel in der Form von Freßlust, Hautentzündungen und hoher Mortalität. Die Sterblichkeit hört auf, wenn genügende Mengen des Vitamins der Nahrung zugesetzt werden¹². Der Bedarf an Niacin wird für junge Karpfen mit 0,55 mg/kg Körpermasse pro Tag angegeben. Nach weiteren Beobachtungen soll der Bedarf älterer Fische geringer sein, da man bei ihnen eine Niacinsynthese im Verdauungskanal nachgewiesen haben will¹².

Pantothenensäure ist ein wichtiges Wachstumsvitamin und spielt im Stoffwechsel eine wichtige Rolle; so ist es für den Auf- und Abbau von Kohlehydraten, Fetten und Eiweiß unentbehrlich. Pantothen säuremangel im Futter¹³ macht sich in einer Wachstumsdepression sehr schnell bemerkbar; ferner zeigen sich Verquellungen der Kiemen und Aufwölbung der Kiemendeckel und Fleckenbildung auf der Haut. In akuten Fällen tritt Atemnot auf. Wurde Pantothen säure den Karpfen durch Injektion beigebracht, so besserte sich der Gesundheitszustand schnell, nur die Kiemendeckel deformationen konnten selbstverständlich nicht rückgängig gemacht werden. Auch von japanischer Seite¹⁰ wurde die Wirkung von Pantothen säuremangel bei Fischen untersucht, wobei die gleichen Krankheitssymptome beobachtet wurden. Nach diesen Untersuchungen soll der tägliche Bedarf an Pantothen säure 1,0 bis 1,4 mg/kg Körpergewicht betragen. Verglichen mit den anderen Vitaminen ist dies relativ hoch.

In der Reihe der wasserlöslichen Vitamine ist die Folsäuregruppe und p-Amino-benzoessäure zu erwähnen. Ihre Bedeutung für die Fische ist noch verhältnismäßig wenig erforscht; erste Untersuchungen von H. Ave und I. Masuda¹⁴ haben keine Krankheitserscheinungen an Karpfen gezeigt, wenn sie mit einem Futter ernährt wurden, daß diese Vitamine nicht enthielt. Sogar Beimischungen von Antivitaminen (Sulfanilamid) zum Futter wirkten sich nicht negativ aus. Zusätze von Folsäure brachten keine Erhöhung im Wachstum oder der Futtermittelnutzung; das Gleiche gilt für die p-Aminobenzoessäure. An-

⁸ U. Lieder, Die Erscheinungen der B₁-Avitaminose bei Karpfen. Dtsch. Fischerei-Ztg. 12, 264 [1965].

⁹ H. Ave, I. Masuda, T. Mimura, T. Saito, A. Komo u. Kitamuro. Water soluble vitamin requirements of carp, VI. Requirement for thiamine and effects of antithiamines. Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 35, 459 [1969].

¹⁰ Ch. Ogino, B vitamins requirements of carp, Cyprinus carpio. II. Requirement of riboflavin and pantothenic acid. Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 33, 351 [1967].

¹¹ H. Ave, I. Masuda, T. Saito u. A. Komo, Water-soluble vitamin requirements of carp. I. Requirement for vitamin B₂. Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 33, 355 [1967].

¹² H. Ave, I. Masuda u. T. Takada, Water-soluble vitamin requirements of carp. III. Requirements for niacin. Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 33, 681 [1967].

¹³ U. Lieder, Die Erscheinungen des Pantothen säuremangels bei Karpfen. Dtsch. Fischerei-Ztg. 13, 377 [1966].

¹⁴ H. Ave u. I. Masuda, Water-soluble vitamin requirements of carp. II. Requirements for p-aminobenzoic acid and inositol. Bull. Jap. Soc. sci. Fisheries 33, 674 [1967].

ders dagegen verhalten sich Forellen, bei denen bei einem Fehlen dieser Vitamine Mangelerscheinungen, wie insbesondere ein Wachstumsstopp, aufzutreten pflegen. Auch sind gelegentlich Störungen in der Blutbildung (Verringerung der Erythrozytenzahl) festgestellt worden. Aus diesem Grunde setzt man in der Praxis Futtermitteln, die für Salmoniden bestimmt sind, ausreichende Mengen von Folsäure und p-Aminobenzoesäure zu. Karpfen dagegen scheinen in der Lage zu sein, ihren Bedarf an diesen Vitaminen mit Hilfe ihrer Darmflora zu decken.

Sehr umstritten ist die Frage des Bedarfs an Vitamin B₁₂, das eigentlich eine ganze Gruppe von kobalthaltigen Verbindungen darstellt. Wahrscheinlich ist der Bedarf sehr gering und kann durch die Nahrung jeweils gedeckt werden. In russischen Arbeiten, die sich mit der Ertragssteigerung durch Düngung mit Mineralsalzen be-

Lange Zeit war die Bedeutung des Vitamin C (Ascorbinsäure) in der Fischfütterung umstritten. Doch wissen wir jetzt, daß eine an Vitamin C arme Ernährung bei Salmoniden, wenn sie über längere Zeit (24 bis 30 Wochen) anhält, Wirbelsäulendefekte (Skoliosen) hervorzurufen vermag¹⁶. Auch Haemorrhagien und Störungen in der Blutzusammensetzung sind beobachtet worden. Durch Zugaben von Vitamin C ließen sich die Veränderungen im Blut nach einiger Zeit beheben.

Als letztes in der Reihe sei das Biotin, früher als Vitamin H bezeichnet, erwähnt. Ein Mangel an diesem Vitamin soll nach amerikanischen Untersuchungen¹⁷ zur blue-shine-disease der Forellen führen, die mit hohen Verlusten verbunden ist. Als äußere Krankheitsmerkmale treten ein blauer Schimmer und Flecken auf der Haut der Forellen auf. Der tägliche Bedarf an Biotin wird mit 0.02 bis 0.04 mg/kg/Tag angegeben.

Tabelle 3
Vitaminbedarf von Fischen *

Vitamin	Mangelerscheinungen bei Fischen	Bedarf
A	Fressunlust; schlechtes Wachstum; Entzündungen; geringe Befruchtungsrate	100—500 I.E./kg/Tag
D	Kiemendeckel- und Flossenschäden; Störungen im Kalkstoffwechsel; Parasitenbefall	nicht bekannt
B ₁	Krämpfe; Muskelatrophie; beschleunigte Atmung; Gleichgewichtsstörungen	0.15 mg/kg/Tag
B ₂	Abmagerung; Nervenstörungen; Entzündungen; schlechtes Wachstum	0.11—0.33 mg/kg/Tag
Nikotinsäureamid	Stoffwechsel- und Nervenstörungen; Wachstumsstörungen; Atemnot	0.55 mg/kg/Tag
Pantothensäure	Wachstumsstörungen; Atemnot	1—1.4 mg/kg/Tag
Folsäure und p-Aminobenzoesäure	Wachstumsstörungen; Veränderungen im Blutbild	nicht bekannt
B ₁₂	Wachstumsstörungen	nicht bekannt
Mesoinosit	Störungen im Fettstoffwechsel	350 mg/kg Futter
C	Wirbelsäulendefekte; Änderungen in der Blutzusammensetzung	100 mg/kg Futter
Biotin	blue-shine-disease	0.02—0.04 mg/kg/Tag

* Die Angaben beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf kg Körpergewicht.

fassen, wird vielfach auf die Bedeutung des Kobalts hingewiesen, wobei jedoch noch keine klare Beziehung zwischen Kobaltgabe und Fischwachstum zu erkennen ist. Um mögliche Mangelerscheinungen zu vermeiden, werden Trockenfuttermitteln der Karpfen- und Forellenzucht Vitamin B₁₂-haltige Präparate zugesetzt.

Wenig bekannt ist bisher die Rolle des Inosit bzw. Mesoinosit, das zur Gruppe der B-Vitamine gehört und in den Kohlehydrat-Fettstoffwechsel eingreift. Durch neuere Untersuchungen von J. Deufel¹⁵ hat sich gezeigt, daß eine Zugabe von Mesoinosit zum Futter in Mengen von 350 mg/kg Futter den Fettstoffwechsel von Forellen günstig beeinflussen und bei lipoider Leberdegeneration sogar zur Heilung führen kann.

Insgesamt zeigt Tab. 3, daß eine große Zahl von Vitaminen für die Gesundheit der Teichfische von Bedeutung sind. Im Naturfutter sind alle Vitamine in ausreichenden Mengen vorhanden. In Trockenfuttermitteln lassen sich die erforderlichen Mengen nach dem Stand unserer Kenntnisse und der Technik anreichern. Die Hersteller von Trockenfuttermitteln bemühen sich daher, durch Beimischung vitaminhaltiger Futterbestandteile den geforderten Bedarf zu decken. Doch müssen wir an Hand von vergleichenden Fütterungsversuchen oftmals feststellen, daß der Futtereffekt der einzelnen Futtermittel sehr unterschiedlich ist, so daß noch manche Arbeit notwendig sein wird, um ein optimales Trockenfuttermittel zu erhalten.

¹⁵ J. Deufel, Wirkung von Mesoinosit auf Wachstum und Gesundheitszustand von Regenbogenforellen, Arch. Fischereiwiss. XIX, 159 [1968].

¹⁶ V. W. Neuhaus u. J. E. Halver, Fish in Research, Academic Press, New York u. London 1969.

¹⁷ W. Schäperclaus, Lehrbuch der Teichwirtschaft, Verlag Parey, Berlin und Hamburg 1967.