

Cholesterin in seiner Polarität zu den Triglyzeridfetten

Martin Errenst

1. Einleitung

Immer wieder ist Cholesterin, genauer gesagt der Gehalt dieser Substanz im Blut und in der Nahrung, ein Thema sowohl in wissenschaftlichen Zeitschriften als auch in populären Darstellungen. Dabei wird meist das Bild einer schädlichen Substanz entworfen, die Krankheiten verursacht und die Lebenszeit verkürzt. Von anderer Seite wird aber auch der Vorwurf erhoben, daß die Cholesterindiskussion von einer Industrielobby erfunden worden sei, um an dem Verkauf von cholesterinfreier Margarine und cholesterinsenkenenden Arzneimitteln zu verdienen. So steht das Cholesterin im Zentrum von egoistischen Interessen der Industrie einerseits und des Verbrauchers andererseits.

Die Substanz Cholesterin nimmt aber auch eine zentrale Stellung in der Entwicklung der Chemie und der sich daraus entwickelnden Physiologie seit dem 18. Jahrhundert ein. Daran anknüpfend soll hier versucht werden, ein Bild des Cholesterins zu entwerfen, das nicht ein egoistisches Interesse in den Mittelpunkt stellt, sondern die Sache selber sprechen läßt. Eine methodische Hilfe dazu ist das Aufsuchen von Polaritäten, denn indem gegensätzliche, aber zueinander in Bezug stehende Gegenstände nebeneinander gestellt werden, können sie sich in ihren Eigenarten beleuchten. Es müssen dann nicht äußerliche Kriterien herangezogen werden, die mit der Sache nichts zu tun haben. In diesem Sinne wird das Cholesterin hier den Fetten als Polarität innerhalb der Lipidsubstanzen (also den fettlöslichen Substanzen) gegenübergestellt. Fette und Cholesterin sind nicht nur durch den Lipidcharakter verwandt, sondern stehen auch physiologisch in vielfältigen Beziehungen; auf einiges kann im Folgenden hingewiesen werden. Andererseits stehen sie jedoch – wie gezeigt werden soll – in einem Gegensatz zueinander.

Da jeder Mensch Fette, insbesondere als pflanzliche Fette und Öle kennt, kann mit ihrer Charakterisierung begonnen werden. Das unbekannte Cholesterin, das zu meist nur als Schlagwort geläufig ist, kann dann, ausgehend von den Eigenschaften der Fette, in seiner Polarität beschrieben werden.

2. Triglyzeridfette

Jeder kennt Fette und Öle zum Beispiel aus der Küche, wo insbesondere pflanzliche Fette eine große Bedeutung haben. Eine Vielzahl von Fetten und Ölen mit unterschiedlichen Qualitäten ist hier zu beschreiben. Schon die am häufigsten verwendeten, Sonnenblumenöl, Olivenöl und Palmfett, weisen ein reichhaltiges Spektrum

von Qualitäten auf. Von dem bei Zimmertemperatur festen Palmfett, das wärmeunempfindlich ist und deshalb zum Braten und Fritieren verwendet wird, über das Olivenöl mit eigenem Geschmack und Geruch, das bei Zimmertemperatur flüssig ist, aber im Kühlschrank oder in winterlich abgekühlter Wohnung erstarrt, bis hin zum Sonnenblumenöl, das wieder ein eigenes Aroma hat und erst bei Temperaturen unter 0°C fest wird, reicht das Spektrum, das beispielsweise durch Leinöl noch erweitert werden kann. Leinöl wird erst bei Temperaturen deutlich unter 0°C fest und ist ein empfindliches Öl, das leicht ranzig wird und vor Wärme und Licht geschützt werden soll.

Diese sogenannten fetten Öle sind abzugrenzen von den ätherischen Ölen, die in der Pharmazie dadurch unterschieden werden, daß sie – auf ein Filterpapier aufgetropft – vollständig verdampfen, während von fetten Ölen ein Fettfleck bleibt. Die ätherischen Öle neigen also stärker zum Verdampfen, sind flüchtig und wenden sich intensiv an den Geruchssinn. Die Brennbarkeit, die schon die fetten Öle charakterisiert, ist hier bis zum Explodieren und Selbstentzünden gesteigert. Ätherische Öle sind keine ernährenden Substanzen wie die Fette, sondern pharmazeutisch wirkend. Auf der anderen Seite sind die ebenfalls nicht ernährenden Wachse feste Lipidsubstanzen, die erst bei höheren Temperaturen als die Fette schmelzen und chemisch träger sind als diese. Während die ätherischen Öle also zum Gasigen streben und Wachse zum festen Zustand, sind natürliche pflanzliche Fette im allgemeinen flüssig. Sowohl Wachse als auch Fette schmelzen bzw. verfestigen sich nicht bei einem scharfen Temperaturpunkt, sondern in einem Schmelzintervall, das für Fette im Bereich von –15 bis 40°C, also dem Temperaturintervall, in dem höheren Organismen Leben möglich ist, liegt.

Ein Teil der vielfältigen Qualitäten der fetten Öle spiegelt sich in den verschiedenen Fettsäuren, die man durch Verseifen aus den Fetten freisetzen und isolieren kann. Jedes natürliche Fett enthält eine Vielzahl von unterschiedlichen Fettsäuren. Häufig steht eine im Vordergrund, die dann oft auch ihren Namen von dem betreffenden Fett hat: Ölsäure aus dem Olivenöl, Linol- und Linolensäure aus Leinöl. Zugleich mit den Fettsäuren wird beim Verseifen das wasserfreundliche, süß schmeckende Glycerin freigesetzt, das ein gemeinsamer Bestandteil aller Fette ist und sie chemisch von den Wachsen unterscheidet.

Die Fettsäurezusammensetzung der Fette ist zunächst von der Pflanzenart, von der die Fette gebildet sind, bestimmt. Darüber hinaus läßt sich ein starker Einfluß der

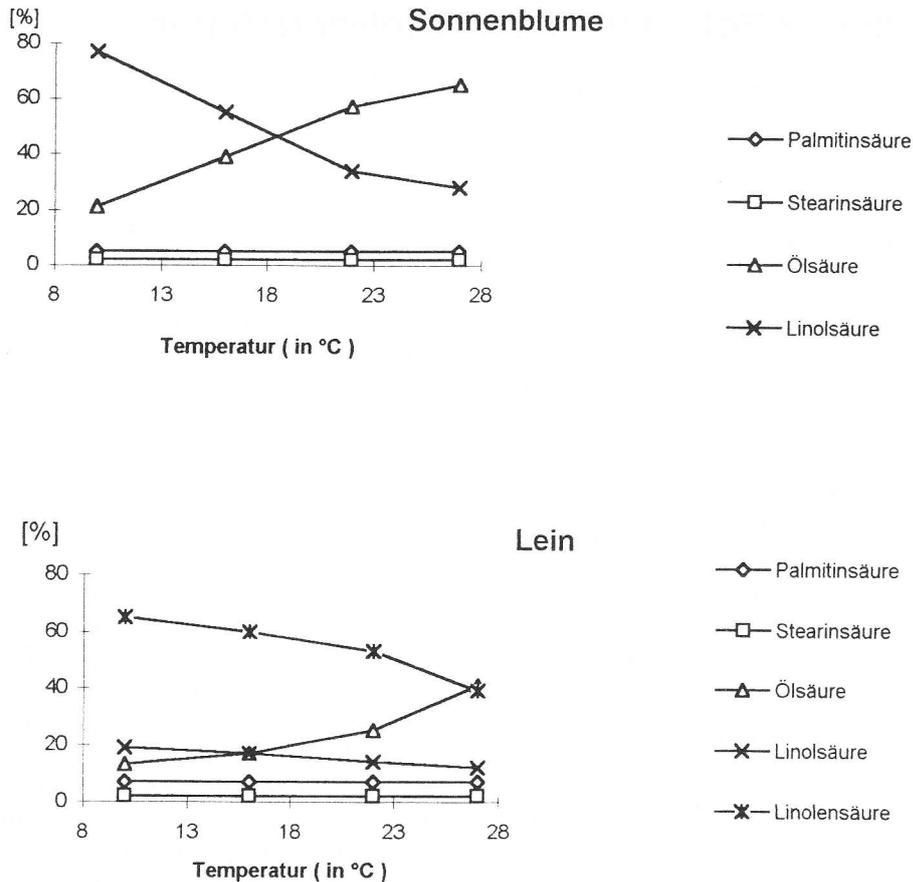


Abb. 1: Fettsäurezusammensetzung von pflanzlichen Ölen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (9)

Umgebungsbedingungen, insbesondere der Temperatur, auf die Fettsäurezusammensetzung feststellen (s. Abb. 1). Indem die pflanzlichen fetten Öle grundlegender Bestandteil unserer Nahrung sind, nehmen wir ständig diese beschriebene Vielfalt der Substanzqualitäten mit der Nahrung aus der Natur auf. Zwei Fettsäuren – Linol- und Linolensäure – werden nur von Pflanzen gebildet und sind für den Menschen essentielle Nahrungsbestandteile, da der menschliche Organismus sie nicht selber bilden kann, sie aber benötigt. Selbstverständlich sind auch Fette tierischer Herkunft von Bedeutung für die Ernährung. Insbesondere die Milchfette zeichnen sich durch eine große Vielfalt der Fettsäuren aus (7). Fette sind neben den Kohlenhydraten die wichtigste Grundlage für den Energiestoffwechsel. Dabei werden sie im Organismus physiologisch „verbrannt“, ihre Substanzqualität vernichtet.

Damit sind die fetten Öle charakterisiert als Substanzen, die in großer Vielfalt und mit differenzierten sinnfälligen Qualitäten in der Natur vorliegen und die ein wichtiger Bestandteil unserer Ernährung sind. Wir haben sie gegenüber den ätherischen Ölen und den Wachsen abgegrenzt, als die ernährenden Lipidsubstanzen, die nicht flüchtig sind und einen Schmelzpunkt im Bereich von -15 bis $+40$ °C haben.

3. Cholesterin

Fette sind dem Menschen schon seit früher Zeit bekannt. Fette und Mehl (Getreide) sind die Grundbestandteile der Nahrung des seßhaften Menschen und Teil seiner Kultur und Religion. Die gesamte Mittelmeerlandschaft ist geprägt durch den Ölbaum, der den Griechen heilig war. So ist die Gründung der Stadt Athen mit dem Geschenk eines Ölbaumes durch die Göttin Athena verbunden. Cholesterin dagegen mußte in der Neuzeit erst auf wissenschaftlichem Wege entdeckt werden. Die Entdeckungsgeschichte beginnt in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts (1769–1789) mit der Untersuchung und Beschreibung der wachsartigen Beschaffenheit von Gallensteinen durch französische Chemiker.¹ Zu Beginn des 19. Jahrhunderts (1815/16) beschreibt Chevreul das Cholesterin, das er aus Gallensteinen isolierte, als eigene Substanz. Er unterscheidet es von Wachsen und Fetten wegen seines hohen Schmelzpunktes ($147,5$ °C) und

weil es nicht wie diese verseifbar, also durch Kochen in Natronlauge in eine Seife, Salz der Fettsäuren, überführbar ist (s. o.). Chevreul gab dem Cholesterin seinen Namen von chole (griech.) = Galle und stereos (griech.) = fest.

Erst 1932, ein Jahrhundert später, wird die Molekülstruktur durch Windaus endgültig aufgeklärt; 1951 gelingt Woodward die Synthese. Damit begleitet das Cholesterin die gesamte Entwicklung der modernen stoffbezogenen, wiegenden Chemie, die ja am Ende des 18. Jahrhunderts durch Lavoisier ihr Fundament erhält, also gerade in der Zeit, in der das Cholesterin entdeckt wird. Viele bekannte Wissenschaftlernamen sind mit dem Cholesterin verbunden, und wenige Einzelsubstanzen haben so viel wissenschaftlichen Eifer herausgefordert wie das Cholesterin. M. Brown und J. Goldstein, die 1985 für physiologische Arbeiten im Zusammenhang mit Cholesterin den Nobelpreis erhielten, sagten zur Bedeutung des Cholesterins in der Wissenschaftsgeschichte in ihrem Nobelvortrag: „Cholesterin ist das am höchsten ausgezeichnete kleine Molekül. Dreizehn No-

¹ Die Geschichte des Cholesterins wird hauptsächlich nach Neuhausen (1977) wiedergegeben.

belpreise wurden an Forscher vergeben, die einen großen Teil ihres Lebenswerks dem Cholesterin gewidmet haben.“ (37)

Die Erforschung der Physiologie des Cholesterins beginnt in der Mitte des 19. Jahrhunderts, nachdem einfache Farbreaktionen als Nachweismethoden für Cholesterin entwickelt worden waren. Damit konnte Cholesterin in praktisch allen Geweben und Sekreten und in pathologischen Bildungen des Menschen nachgewiesen werden. Sehr bald entwickelten sich zwei gegensätzliche Betrachtungsweisen: Einerseits wurde der Cholesterinreichtum von jungem, sich entwickelndem Gewebe bemerkt und daraus auf die Bedeutung des Cholesterins für die „formativen“ Vorgänge geschlossen (5), andererseits wird insbesondere von nordamerikanischen Wissenschaftlern ein Bild des Cholesterins entworfen, das das Auftreten von Cholesterin im Zusammenhang mit pathologischen Erscheinungen – wie beispielsweise den Gallensteinen – betont. So nennt Flint schon 1862 das Cholesterin „jenen sündhaften Stoff“ (17).

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts werden diese konträren Ansichten verschärft. Auf der einen Seite findet man, daß Cholesterin der Hämolyse, also der Auflösung von Erythrozyten, die durch Saponine, Bienen-, Spinnen- oder Schlangengifte ausgelöst wird, entgegenwirkt und damit einen heilenden Effekt zeigt (31, 44). Auf der anderen Seite wird ein Zusammenhang des Cholesterins mit dem Wachstum von Tumoren festgestellt. Im Tierversuch fördert Cholesterin das Wachstum von Tumoren (32), und im Fettgewebe von Carcinompatienten fand man erhöhte Cholesteringehalte (42). Zur selben Zeit wurden Versuche angestellt, aus denen man fälschlicherweise schloß, daß Cholesterin nicht vom menschlichen oder tierischen Organismus gebildet werden kann, sondern mit der Nahrung aufgenommen werden muß (13, 14).

Damit war das Konzept, Cholesterin als Schadstoff anzusehen, dessen Aufnahme mit der Nahrung man vermeiden muß, geboren. Aus diesem Gedanken heraus wurden Versuche gemacht, um den Zusammenhang zwischen Nahrungscholesterin und atherosklerotischen Veränderungen zu untersuchen. Es war schon länger bekannt, daß atherosklerotische Ablagerungen cholesterinreich sind. Deshalb wurden Kaninchen zusätzlich zur pflanzlichen Nahrung, die natürlicherweise praktisch kein Cholesterin enthält, mit Cholesterin, das in Öl suspendiert war, gefüttert. Nach vier bis acht Wochen waren alle Gewebe mit Cholesterin infiltriert (2). Kaninchen sind als reine Pflanzenfresser nicht an cholesterinhaltige Nahrung gewöhnt. Bei Ratten, die natürlicherweise Fleisch und damit cholesterinhaltige Nahrung fressen, führte derselbe Versuch zu einem negativen Ergebnis (29). Damit ist auch die Übertragbarkeit des Kaninchenversuchs auf den Menschen, der an eine gemischte Kost gewöhnt ist, fraglich. Dennoch beherrschte das Konzept des schädlichen Nahrungscholesterins für

lange Zeit die Diskussion. Erst in den 70er Jahren dieses Jahrhunderts wurde durch Versuche an menschlichen Probanden gezeigt, daß der Cholesterinspiegel des Menschen nur in begrenztem Maße durch den Cholesteringehalt der Nahrung beeinflusst werden kann (29, 21, 43, 23).

Im Gegensatz zum Schadstoffkonzept wurde Cholesterin auch als Heilmittel zur allgemeinen Kräftigung, bei Blutarmut und gegen Infektionskrankheiten diskutiert und angewandt. Diese Anwendungen erlangten aber keine große Bedeutung (29).

Es fällt auf, wie langsam sich der Gedanke, daß Cholesterin vom menschlichen Organismus gebildet wird, durchsetzen konnte. In den Jahren 1920 bis 1923 wurden systematische Untersuchungen der Cholesterinbilanz durchgeführt, die ergaben, daß mehr Cholesterin vom Körper ausgeschieden als mit der Nahrung aufgenommen wird (29), Cholesterin also nicht eigentlich ein Nahrungsstoff ist. Bei rein vegetarischer und damit praktisch cholesterinfreier Ernährung kann alles vom Organismus benötigte Cholesterin von diesem gebildet werden. Statt dessen wird ständig Cholesterin ausgeschieden, denn es kann nicht vom Organismus abgebaut werden. Bei großem Cholesterinangebot in der Nahrung – hoher Nahrungsanteil tierischen Ursprungs – wird die körpereigene Synthese vermindert, sie wird allerdings nie völlig eingestellt (28). Die Cholesterinbilanz variiert damit je nach den Ernährungsbedingungen. Es können aber folgende Werte aus einem Artikel über Cholesterin eine ungefähre Vorstellung der Verhältnisse geben: demnach werden pro Tag 500 mg mit der Nahrung aufgenommen, aber davon nur 200 mg tatsächlich resorbiert, denn das Cholesterin der Nahrung wird nur zu 40 bis 50 % resorbiert, während Fette zu über 95 % resorbiert werden, 700 bis 900 mg werden vom Körper gebildet und entsprechend etwa 1000 mg = 1 g als Cholesterin oder Gallensalz etwa im Verhältnis 1:1 und als Steroidhormon – etwa 50 mg – ausgeschieden (28, 20).

Damit steht Cholesterin in vollständigem Gegensatz zu den oben charakterisierten Fetten. Diese sind notwendige Nahrungssubstanzen. Sie werden von außen aufgenommen und im Organismus verstoffwechselt. Beim Cholesterin ist es umgekehrt: es wird in der Hauptsache vom Organismus selber gebildet und ausgeschieden. Fette und Cholesterin verhalten sich im Stoffwechsel des Menschen in einem wesentlichen Punkt polar.

4. Die Polarität von Cholesterin und Nahrungsfetten

Die Fette wurden beschrieben als Substanzen, die den Menschen seit alters her als Nahrungssubstanzen, die aus der äußeren Natur genommen werden, begleiten. Insofern es pflanzliche Fette sind, sind sie am Licht und an der Wärme der Sonne gereift und weisen vielfältige Qualitäten auf, die durch die jeweilige Pflanze gegeben sind und die Bedingungen widerspiegeln, unter denen

das Fett in der Pflanze gebildet wurde. Im menschlichen Organismus werden sie physiologisch verbrannt, ihre Substanzqualitäten damit vernichtet.

Cholesterin dagegen ist eine Substanz, die – im Innern des Organismus gebildet – sich dem menschlichen Blick zunächst verbirgt und erst entdeckt werden muß. Im Gegensatz zu der qualitativen Vielfalt der Fette, die sich in der Vielzahl der verschiedenen Fettsäuren spiegelt, ist Cholesterin eine Einzelsubstanz.² Cholesterin wird nicht wie die Fettsäuren im Organismus verbrannt, sondern ausgeschieden in die äußere Welt, ans Licht.

Fette und Cholesterin sind auch in den Substanzeigenschaften unterschiedlich: Beide sind vollständig wasserunlöslich, aber während Fette verseifbar sind und damit in Fettsäuren und Glycerin übergeführt werden können, die zumindest in Wasser emulgierbar sind, ist Cholesterin nicht verseifbar. Das Schmelzverhalten von Fetten wurde oben beschrieben; Cholesterin schmilzt nicht wie diese bei Temperaturen im Bereich des Lebendigen, sondern erst bei hoher Temperatur und in einem eindeutigen und scharfen Schmelzpunkt. Auch die Dichte der Substanzen ist gegensätzlich: Fette sind bekanntlich leichter als Wasser – „Fett schwimmt oben“ –, Cholesterin hat dagegen eine Dichte von 1,046 g/ml (Beilstein), ist also schwerer als Wasser. Damit ist Cholesterin im Gegensatz zu den am Licht gebildeten, leichten, vielfältigen Fetten eine im Dunkeln gebildete, schwere, monotone Substanz (Abb. 2).

FETTE	CHOLESTERIN
	BILDUNG
in der Pflanze am Licht Vielfalt der Qualitäten	im Menschen im Dunkeln 1 Substanz
	IM MENSCHEN
Nahrung abgebaut	Ausscheidung gebildet
	SUBSTANZEIGENSCHAFTEN
verseifbar flüssig o. leicht schmelzbar Schmelzbereich leichter	nicht verseifbar Smp. 149 °C scharfer Schmelzpunkt schwerer als Wasser (D = 1,045)

Abb. 2: Die Polarität von Fetten und Cholesterin

Cholesterin wird Gegenstand der Forschung als eine aus dem Leben herausgefallene Substanz. Das prägt das Bild des Cholesterins für lange Zeit, obwohl beobachtet wurde, daß Cholesterin notwendiger Bestandteil vieler Organismen ist und insbesondere im Verlauf aller Wachstumsprozesse gebildet wird. Die herausgefallene Substanz wird in den erwähnten Fütterungsexperimenten künstlich zugeführt, dabei lernt man nichts über die Substanz im gesunden Organismus. Man wird geblendet

von der gegenständlichen Substanz und übersieht den eigentlich Tätigen, in diesem Fall sich selber. Im lebendigen Zusammenhang dagegen ist der Organismus der Tätige. In diese Richtung wenden sich die Anschauungen über das Cholesterin, denn heute versucht man weniger den Cholesteringehalt des Plasmas durch den Cholesteringehalt der Nahrung zu beeinflussen, das gelingt nur in begrenztem Maße. Statt dessen sieht man darauf, wie der Plasmacholesterinspiegel durch die Ernährung, abgesehen vom Cholesterin, und durch das Verhalten und den Lebensstil des Menschen beeinflusst wird (18, 10, 6, 21). Man erkennt das Cholesterin als eigentlich passive Substanz.

Was sind die Fette und was ist das Cholesterin für den Menschen?

In der Ernährung des menschlichen Organismus durch Fette werden Qualitäten aus der äußeren Natur in den Menschen hereingenommen. Sie werden „verbrannt“, die Qualitäten damit vernichtet. Im Menschen entsteht dabei Wärme und Bewegungsmöglichkeit, d. h. der Mensch stellt sich mit seinen Willensimpulsen in die Welt. So ist es unmittelbar einleuchtend, daß die Fette als Nahrungssubstanzen einen Bezug zum Willenspol des Menschen haben. Was bedeutet dagegen eine Substanz, die der Mensch selber bildet, sich dann fremd macht und ausscheidet?

Rudolf Steiner und Ita Wegman beschreiben in dem Buch „Grundlegendes zu einer Erweiterung der Heilkunst“ (36) Substanzen, die der Ausscheidung nach innen oder außen zugeführt werden, als materielle Grundlage der bewußten Erlebnisse des Menschen im Gegensatz zu Substanzen, die aufgenommen werden und mit den unbewußten Vorgängen zusammenhängen. Es werden Harnsäure für die Ausscheidung und Eiweiß für die Aufnahme als Beispielpaar genannt. Gilt dies in ähnlicher Weise auf dem Gebiet der Lipidsubstanzen für Cholesterin und Nahrungsfette?

Im übernächsten Kapitel soll versucht werden durch eine Beschreibung der Physiologie des Cholesterins diesen möglichen Zusammenhang des Cholesterins mit Bewußtseinsvorgängen zu prüfen. Zunächst aber soll Cholesterin in der außermenschlichen Natur und als Ausgangssubstanz für hormonartig wirkende Substanzen beschrieben werden.

5. Cholesterin in der außermenschlichen Natur und als Ausgangssubstanz für hormonartig wirkende Substanzen

Cholesterin in Pflanzen und Tieren (41)

Man findet Cholesterin als Membranbestandteil aller eukaryontischen, d. h. zellkernhaltigen Zellen, nicht nur im Menschen. Aber während beim Menschen nur wenige Prozent anderer Sterine das Cholesterin begleiten (28), tritt bei niederen Tieren und Pflanzen eine Vielzahl

² Siehe dazu auch Abschnitt V.

davon an die Seite des Cholesterins und dieses bei vielen Organismen in den Hintergrund. Die eine Substanz wird also durch viele ersetzt. Bei Landwirbeltieren findet man ähnlich wie beim Menschen fast ausschließlich Cholesterin, bei den Meeresfischen dagegen bis zu einem Drittel andere Sterine als Cholesterin. Bei den wirbellosen Meeresbewohnern liegt oft eine Vielfalt davon innerhalb eines Individuums vor, deren Synthese über Cholesterin verläuft, also komplizierter ist. Auch Pflanzen können Cholesterin synthetisieren und enthalten meist eine geringe Menge davon, bilden aber vorwiegend spezielle Phytosterole. Über die Evolution geschaut, vereinfacht sich die Sterinbildung also sowohl in bezug auf die Vielfalt als auch in bezug auf den Syntheseweg.

Eine Besonderheit liegt vor bei der Bakterienmembran, diese ist sterinfrei (8). Die Gliederfüßler, darunter die Insekten, können selber keine Sterine neu bilden, obwohl ihre Membranen sie enthalten. Sie nehmen Sterine mit der Nahrung oder von symbiontischen Mikroorganismen auf und modifizieren sie. Sterine sind also für Gliederfüßler essentielle Nahrungsbestandteile wie für uns ungesättigte Fettsäuren (z. B. Linolsäure), die der Organismus modifizieren, aber nicht selber bilden kann. Insekten haben insofern ein polares Verhältnis zum Cholesterin bzw. zu den das Cholesterin ersetzenden Sterinen wie der Mensch.

Umwandlung des Cholesterins zu hormonartig wirkenden Substanzen

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß ein Teil des Cholesterins als Gallensalz, Calciferol (Vitamin D) oder Steroidhormon ausgeschieden wird. Pro Tag werden etwa 0,5 g Gallensalze und 50 mg Steroidhormone vom menschlichen Organismus gebildet und ausgeschieden (38, 21, 28). Gallensalze sind nun gerade die Substanzen, die das Cholesterin in der Gallenflüssigkeit emulgieren und beim Aufschließen der Nahrungsfette eine wichtige Rolle spielen, so daß sich an diesem Punkt die Cholesterin- und die Fettseite begreifen.

Die Bildung der Calciferole aus Cholesterin ist von dem hier dargestellten Charakter des Cholesterins aus gesehen bemerkenswert: Aus 7-dehydro-Cholesterin wird in der Haut durch Lichtwirkung Cholecalciferol gebildet (19). Die Bezeichnung Vitamin D für Cholecalciferol ist also irreführend. Es ist kein essentieller Nahrungsbestandteil, essentiell ist das Licht. Mangelt es daran, so kann durch Gabe von Cholecalciferol als „Vitamin D“ Ersatz geschaffen werden. In Leber und Niere werden dann aus Cholecalciferol die Substanzen gebildet, die Bedeutung insbesondere in der Regulierung der Knochen- und damit der Gestaltbildung haben. Das im Dunkel des Organismus gebildete Cholesterin wird also unter Lichtwirkung umgebildet zu einer hormonartig wirkenden Substanz.

Steroidhormone werden in bestimmten Organen der Nebennierenrinde und den Keimdrüsen aus Cholesterin

gebildet und wirken regulierend im Bereich von Wachstums- und Stoffwechselfvorgängen. Es wird dabei jeweils auf den gesamten Organismus Einfluß genommen: die Steroidhormone werden in der Nebennierenrinde oder von Keimzellen gebildet und durch das Blut im gesamten Organismus verteilt. Diese Vorgänge verlaufen kürzestens im Stundenmaßstab, eher noch in Tagen (Reproduktionszyklus) oder noch langsamer bei Wachstumsvorgängen. Auf der anderen Seite werden auch von essentiellen Fettsäuren ausgehend über die sogenannte Arachidonsäurekaskade Wirksubstanzen, z. B. Prostaglandine, gebildet. Diese Substanzen, die unter der Bezeichnung Eikosanoide zusammengefaßt werden können, wirken nun im Gegensatz zu den Steroidhormonen in sehr kurzen Zeiträumen von Sekunden und nur lokal. Die Art, die Richtung ihrer Wirksamkeit, ist abhängig von dem Ort ihres Auftretens und kann sogar je nach Ort bei ein und derselben Substanz gegensätzlich sein. Wir beobachten also sowohl aus Fettsäuren als auch aus Cholesterin eine Bildung von hormonartig wirksamen Substanzen: Während die aus Cholesterin gebildeten Steroidhormone über eine vergleichsweise lange Zeitspanne auf den gesamten Organismus wirken, sind die aus den Fettsäuren gebildeten Eikosanoide lokal und kurzfristig wirksam.

Es soll weiterhin hingewiesen werden auf die Verbindung des Cholesterins mit Schwefelsäure zum Cholesterinsulfat, das vor allem in der Oberhaut gefunden wird. Der Wechsel von Cholesterin und Cholesterinsulfat spielt eine Rolle bei der Regulierung der Verhornung und dem Abschilfern der Hornhautzellen. Als extremes anschauliches Beispiel kann hier auf den Pferdehuf hingewiesen werden. Sein Lipidanteil enthält 27 % Cholesterin und 20 % Cholesterinsulfat. In diesem Extrem kommt der Charakter des Cholesterins als einer Substanz, die da erscheint, wo Festigkeit, Struktur, äußerer Druck ist, zum Ausdruck. Über Cholesterinsulfat in menschlicher Hornsubstanz konnte keine aktuelle Literatur gefunden werden.

6. Physiologie des Cholesterins

Bei der Beschreibung der menschlichen Physiologie des Cholesterins kommen je nach Fragerichtung drei unterschiedliche Aspekte in Betracht:

1. Fragt man nach der Bildung des Cholesterins, so wird man in den Stoffwechselfbereich zu Leber und Darm geführt: Auch wenn Cholesterin von allen kernhaltigen Zellen gebildet wird, produzieren Leber und Darm einen Überschuß für andere Organe.
2. Fragt man dagegen danach, wo Cholesterin als Substanz konzentriert ist, so wird man auf den Kopfbereich, das Gehirn, gewiesen. Ein Viertel des Körpergesamtcholesterins von etwa 140 g sind im Gehirn, wo es einen Anteil bis zu 10 % der Trockenmasse ausmacht (38).

3. Unter dem Gesichtspunkt von Gesundheit und Krankheit wird die Aufmerksamkeit auf das Cholesterin im Blutplasma gelenkt, weil das Verhältnis des Organismus zum Cholesterin hier besonders empfindlich und dadurch die Krankheitsmöglichkeit groß ist.

Unter diesen drei Aspekten soll nun auf das Cholesterin im Stoffwechselbereich, im Nervensystem und in der Blutzirkulation geschaut werden:

1. Stoffwechsel

Die Frage nach der Synthese des Cholesterins führt zunächst zu Leber und Darm: Zwar wird Cholesterin in allen Geweben des Organismus, in allen kernhaltigen Zellen gebildet, insofern ist dieser Stoffwechselaspekt im ganzen Organismus zu finden, aber Leber und Darm sind die Organe, die das meiste Cholesterin bilden und über das Blut Cholesterin an andere Organe weitergeben. Auf der anderen Seite geht auch die Ausscheidung von Cholesterin über Galle und Darm von der Leber aus: Cholesterin – durch Phospholipide und aus Cholesterin gebildete Gallensalze emulgiert – gelangt mit der Gallenflüssigkeit in den Darm und begegnet dort den Nahrungssubstanzen, insbesondere den Fettsubstanzen. Ein Teil dieses Cholesterins wird über den Darm ausgeschieden, ein anderer Teil wird mit den Nahrungslipiden resorbiert und gelangt über die Blutzirkulation in die Leber, nimmt also am Gallenkreislauf teil.

So finden wir dreierlei Vorgänge in bezug auf das Cholesterin im Leber-Darm-Trakt: Synthese, Ausscheidung und Gallenkreislauf. Gegensätzlich dazu verlaufen die Stoffwechselprozesse in bezug auf die Fettsubstanzen: Der Ausscheidung des Cholesterins steht die Aufnahme der Fette als Nahrungssubstanzen, der Synthese des Cholesterins der Abbau der Fette gegenüber.³ Gemeinsam ist, daß Substanz – Cholesterin oder Fettsubstanz – bewegt und verwandelt wird.⁴

2. Gehirn und Nerven

Die Frage nach dem Ort der größten Synthese und dem größten Umsatz von Cholesterin hat uns in den Stoffwechselbereich von Darm und Leber geführt. Fragen wir danach, wo Cholesterin in größter Konzentration zu finden ist, so werden wir auf das Gehirn gewiesen (s. o.). Schon in der langen Halbwertszeit des Cholesterins im Zentralnervensystem, die bis zu mehreren Jahren betragen kann, im Vergleich zum mehrmaligen Umlauf pro

Tag im Gallenkreislauf kommt der gegensätzliche Charakter der Verhältnisse in diesem Bereich zum Ausdruck. Das Cholesterin ist im Gehirn insbesondere Bestandteil der Myelinscheiden. Diese sind extreme Formen von Zellmembranen, bei denen die isolierende, trennende Funktion betont ist. Zellmembranen aus dem Stoffwechselbereich, zum Beispiel von Leberzellen, betonen dagegen neben der abgrenzenden Funktion auch eine vermittelnde: Prozesse zu katalysieren und Substanzen auszutauschen. Der funktionelle Unterschied korreliert mit dem höheren Eiweißanteil der Leberzellmembranen und dem höheren Lipidanteil der Myelinscheiden (22). Die extrem lipid- und cholesterinreichen Myelinscheiden umgeben die Nervenzellen als isolierende Schicht, sie bilden dauerhafte Strukturen mit abgeschlossenen Oberflächen.

Der Lipidanteil aller Zellmembranen des menschlichen und des Säugetierorganismus besteht aus einem Cholesterinanteil⁵ und einem Anteil von polaren, zum Wäßrigen vermittelnden Lipiden (z. B. Phospho- oder Sphingolipide), die sich von den Triglyzeridfetten ableiten lassen, insofern sie verseifbar sind und dabei Fettsäuren frei werden. Aus der Komposition der polaren Lipide und des Cholesterins ergibt sich der flüssigkristalline Substanzzustand der Membranen als neue Qualität, die sich nicht linear aus den Eigenschaften der Einzelkomponenten herleiten läßt. So ist das Schmelzverhalten der Membran nicht ein Mittel aus dem hohen Schmelzpunkt des Cholesterins (147,5 °C) und dem niedrigen der polaren Lipide, sondern der flüssigkristalline Zustand ist eine Synthese aus Eigenschaften von flüssigen und festen Körpern. Ein erhöhter Cholesterinanteil erhöht die Festigkeit und Undurchlässigkeit der Membranen, eine Eigenschaft, die besonders die Myelinscheiden auszeichnet.

Triglyzeridfette haben im Bereich der Nerven und des Gehirns keine Bedeutung, weder als Substrat für den Energiestoffwechsel noch als Strukturbildner, sondern nur die von ihnen abgeleiteten polaren Membranlipide (s. o.). Im Gegensatz zum Speicherfett des Fettgewebes, in dem die Fettsäurezusammensetzung in erstaunlichem Maße die der Nahrung widerspiegelt (34), ist die Fettsäurezusammensetzung dieser polaren Membranlipide weitgehend vom Organismus beherrscht. Allerdings sind die Lipide im Gehirn besonders reich an essentiellen Fettsäuren und daher besonders die Entwicklung des Gehirns abhängig von den mit der Nahrung aufgenommenen essentiellen Fettsäuren. Wieder verhält sich Cholesterin polar: Die Cholesterinversorgung des Gehirns ist eigenständig und unabhängig vom Plasmacholesterin (24), während die Cholesterinsynthese der Leber flexibel die Erfordernisse des Organismus und das Angebot durch die Nahrung ausbalanciert (s. o.). Wir sehen also im Gehirn die Tendenz, die Vorgänge vom Organismus her zu bestimmen, sich nicht zu öffnen gegenüber den stark umweltgeprägten Triglyce-

3 Es können auch in der Leber Fettsäuren und damit Fette synthetisiert werden. Bei ausgewogener Ernährung spielt das eine mengenmäßig untergeordnete Rolle.

4 Außerdem finden wir im Bereich der Stoffwechselorgane die Bildung von Gallensäuren und Cholecalciferol in der Leber und von Steroidhormonen in Nebennierenrinde und Keimdrüsen (siehe Abschnitt V).

5 Membranen von Zellorganen im Inneren der Zellen sind dagegen teilweise cholesterinfrei oder cholesterinarm.

ridfetten und den Charakter des eigengebildeten Cholesterins rein ausgeprägt.

Cholesterin ist im Nerven-Sinnes- und im Stoffwechselbereich in gegensätzliche Funktionszusammenhänge eingebunden. Räumlich durchdringen sich beide Bereiche: Cholesterinsynthese findet im gesamten Organismus statt, und in allen Geweben ist Cholesterin Membranbestandteil. Aber Leber und Darm sind doch Schwerpunkte der Cholesterinsynthese, Cholesterinausscheidung findet nur über die Galle statt, und in den lipidreichen Myelinscheiden kommt die Bedeutung des Cholesterins für die Membranen zu einem Höhepunkt.

3. Zirkulation

Die Dynamik im Stoffwechselbereich und die Substanzruhe im Nervenbereich werden in der Blutzirkulation zum Ausgleich gebracht. Die Bewegung von Lipidsubstanzen im Blut vermittelt beide Seiten. Lipophile, also wasserunlösliche Substanzen, werden im Blut durch Lipoproteine im Flüssig-Wäßrigen gehalten. Wie nähert sich die experimentelle Forschung diesen ständig in hoher Ordnung sich verwandelnden Vorgängen an?

Die ersten Beobachtungen wurden 1622 an Hunden gemacht, deren Lymphgefäße im Bauchraum nach dem Fressen eine milchig-weiße Flüssigkeit enthielten (3). Auch eine Blutprobe, die nach einer fettreichen Mahlzeit genommen wird, ist milchig-trüb. Diese milchige Trübe weist auf Lipoproteine, die die lipophilen Substanzen des Blutes tragen, hin. Sie sind unter dem Mikroskop als sphärisch-tropfenförmige Gebilde zu erkennen und durchaus mit den Fett-Tröpfchen der Milch zu vergleichen, aber nicht statisch, sondern ständig in Bewegung und Verwandlung zu denken.

Aus einer ersten experimentellen Differenzierung der Lipoproteine nach ihrer Dichte ergeben sich die aus dem Englischen abgeleiteten und allgemein verwendeten Bezeichnungen VLDL (very low density lipoprotein) für die leichtesten, LDL (low density lipoprotein) für die mittleren und HDL (high density lipoprotein) für die schwersten dieser Lipoproteine, die nichts über ihre physiologische Bedeutung aussagen. Die chemische Analyse dieser nach ihrer Dichte unterschiedenen Lipoproteine, nach Fett-, Cholesterin- und Proteingehalt differenziert, ergibt, daß die VLDL den höchsten Fettgehalt haben (das korreliert mit der geringen Dichte, denn Fett ist leicht), die LDL den höchsten Cholesterin- und HDL den höchsten Proteingehalt (s. Tabelle).

Was ist ihre physiologische Bedeutung? Den fettreichen Lipoproteinen kommt eine ernährende Funktion zu, indem sie die Organe – mit Ausnahme des Gehirns – mit Triglyzeridfett versorgen. Dabei muß man nach ihrem Bildungsort die vorwiegend von der Leber gebildeten VLDL von den in der Darmwand gebildeten „Chylomikronen“ unterscheiden. Die als Nahrung aufgenommenen, im Darm verdauten und von der Darmwand resor-

bierten Fette werden als Chylomikronen dem Organismus einverleibt. Daher die Beobachtung der milchig-trüben Lymphflüssigkeit. In der stofflichen Zusammensetzung der Chylomikronen kommt deren Nahrungscharakter zum Ausdruck: die Fettzusammensetzung entspricht der der Nahrung, und im Vergleich zu den VLDL enthalten die Chylomikronen Retinol (Vitamin A als essentielle Nahrungssubstanz, 12) und unabhängig vom Cholesteringehalt der Nahrung weniger von der Nicht-Nahrungssubstanz Cholesterin (vgl. Tabelle). Chylomikronen vermitteln dem Organismus die von außen über den Darm aufgenommenen Lipidsubstanzen, VLDL vermitteln innerhalb des Organismus die von der Leber gebildeten oder umgewandelten Lipidsubstanzen.

Tabelle: [nach Thews 1989 und Mead 1986]

Lipoproteine	fettreich, ernährend		cholesterinreich	eiweißreich
Bezeichnung	Chylomikronen	VLDL	LDL	HDL
Dichte [g/ml]	0,94	0,94–1,01	1,02–1,06	1,10–1,20
Stoffliche Zusammensetzung in Gewichtsprozent				
Triglyzerid	84	50	11	8
Cholesterin	7	24	46	20
Eiweiß	2	8	21	50
Phospholipid	7	18	22	22

Die Triglyzeridfette werden in den Organen noch innerhalb der Blutkapillare aus den Lipoproteinen freigesetzt, es bleiben cholesterinreiche Reste zurück. Schaut man darauf, daß die Fette der Lipoproteine eine Art physiologischer Verbrennung zugeführt werden, so kann man diese cholesterinreichen Reste auch bildhaft als „Aschen“ bezeichnen. Die „Aschen“ der Chylomikronen werden von der Leber aufgenommen und verdaut, die der VLDL verbleiben zu einem Teil im Blut und werden in cholesterinreiche LDL-Lipoproteine umgewandelt. Diese können sowohl von der Leber als auch von anderen Zellen des Organismus aufgenommen werden und ergänzen so den Cholesterinstoffwechsel der Gewebe.⁶

Im Blut liegt das Cholesterin im Gegensatz zum Cholesterin des übrigen Organismus zum größten Teil – etwa 76 % – als Fettsäureester vorwiegend mit der essentiellen Linolsäure verbunden vor (28). Hier im mittleren, rhythmischen Bereich der menschlichen Physiologie verbinden sich die beiden in diesem Aufsatz polar gegenübergestellten Seiten, die mit der Nahrung aufgenommene essentielle Fettsäure und das Cholesterin in einer Art neutralisierter Speicherform des Cholesterins.⁷ Die Bindung der Fettsäure an das Cholesterin ist möglich, weil das Cholesterin über eine „Alkoholfunk-

6 Dabei werden die LDL-Lipoproteine als Ganze von der Zelle aufgenommen (Endocytose) und innerhalb der Zelle verdaut, im Gegensatz dazu werden die Triglyzeridfette im Plasma aus den fettreichen Lipoproteinen freigesetzt und dann erst von den Zellen resorbiert.

7 In Zellen findet man Cholesterin nur zu einem geringen Anteil als Fettsäureester, dann vorwiegend mit Ölsäure verestert, im Gehirn ausschließlich unverestertes Cholesterin.

tion“ verfügt. Es zeigt sich darin eine zunächst verborgene Seite des Cholesterins: Obwohl es praktisch vollständig wasserunlöslich ist, hat es eine Affinität zum Wäßrigen. So kristallisiert es mit Kristallwasser und findet in der Salbenherstellung als Emulgator Verwendung. Die im angelsächsischen Sprachraum übliche Bezeichnung Cholesterol weist mit der Endung „-ol“ auf diese Eigenschaft hin, während der von Chevreul gewählte Ausdruck Cholesterin die wachsartige Erscheinung betont (vgl. Paraffin, Stearin).

An der Veresterung des Cholesterins im Blutplasma sind die eiweißreichen Lipoproteine (HDL) wesentlich beteiligt, indem sie Träger des Enzyms sind, das diese Veresterung katalysiert (LCAT = Lecithin-Cholesteryl-Acyl-Transferase) (16). Diese eiweißreichen Lipoproteine sind nicht einheitlich, sondern verwandeln sich: so wie sie von der Leber oder im Interstitium gebildet werden, unterscheiden sie sich schon mikroskopisch von den anderen Lipoproteinen, denn sie haben zunächst noch nicht die Kugelform der anderen Lipoproteine, sie werden scheibenförmig (discoidal) beschrieben (16). Im Plasma wandeln sie sich: sie nehmen sphärische Gestalt an, werden größer, spezifisch leichter, lipid- und vor allem cholesterinreicher. Sie nehmen Cholesterin aus den Organen auf und verbinden es mit Linolsäure, dadurch entziehen sie es dem Organismus, denn dieses veresterte Cholesterin wird bevorzugt der Ausscheidung über Leber und Galle zugeführt, indem die Lipoproteine von der Leber aufgenommen und verdaut werden. Damit ist der Schritt der Veresterung des Cholesterins im Blutplasma ein wichtiger Schritt im sogenannten „reversen Cholesterintransport“, d. h. dem Rücktransport des Cholesterins zur Leber und zur Ausscheidung (16). Deshalb differenziert man heute nach LDL- und HDL-Cholesterin und mißt einem hohen HDL-Cholesterinwert im Gegensatz zu einem hohen LDL-Cholesterinwert eine positive Bedeutung zu.

Die ernährenden Lipoproteine unterstützen die Stoffwechsel-Gliedmaßen-Tätigkeit, die ausscheidende Funktion, der „reverse Cholesterintransport“, entlastet den Organismus vom Cholesterin. Werden die Gleichgewichte nicht in der rechten Art gehalten, droht Krankheit.

Wie die Cholesterindiskussion zeigt, ist die Erkrankungsmöglichkeit in der Zirkulation besonders groß. Im Bereich des Gehirns und der Nerven ist die Zusammensetzung der Membranen, der Cholesteringehalt usw. weitestgehend gesetzmäßig festgelegt und nur wenig variabel. Im Regelfall sind sie weder durch die Ernährung (von extremer Mangelernährung abgesehen) noch durch das Verhalten oder durch Stimmungen und Streßsituationen wesentlich zu verändern. Das ist im Stoffwechselbereich anders. Die Vorgänge der Verdauung, die Sezernierung von Verdauungssäften, Gallenausschüttung und Gallenzusammensetzung sind sehr wohl

vom Seelischen abhängig, aber die Abweichungen sind auch in einem relativ hohen Maß tolerabel. Zum Beispiel ist die Resorption von Cholesterin im Darm individuell sehr unterschiedlich (21). Auch im Zirkulationsbereich ist der Einfluß des Seelischen auf die physiologischen Vorgänge groß, aber zugleich sind die Grenzen hier enger, eine zu große Abweichung kann zur Krankheit führen. Ein häufiges Beispiel ist ein hoher Plasmatriglyzeridwert, der meist von einem hohen LDL-Cholesterinwert begleitet wird. Die ernährenden Vorgänge sind dann also zu stark im Vergleich zur Gliedmaßen-Stoffwechsel-Tätigkeit, und es besteht die Gefahr, daß Prozesse, die gesunderweise nur im Kopfbereich dominieren, zu stark werden, so daß es zu Ablagerungen von Lipid-, aber auch zellulärer Substanz kommt (atherosklerotische Plaques). Es wird dann körperliche Bewegung sowie ballaststoffreiche und eiweißarme Ernährung mit pflanzlichen, ölsäurereichen Fetten (Olivenöl) zur Vorbeugung empfohlen (6). Dadurch wird die Stoffwechsel-Gliedmaßen-Tätigkeit verstärkt.

Wenig gesichertes Wissen besteht heute noch über die Bedeutung des umgekehrten Falles, eines niedrigen Cholesterinplasmaspiegels. Es werden z. B. Korrelationen eines niedrigen Plasmacholesterinspiegels mit Krebserkrankungen (26), hämorrhagischem Gehirnschlag (30) und erhöhter Todesrate mit Gewaltbeteiligung (15, 11, 33) kontrovers diskutiert. Extrem niedrige Plasmacholesterinwerte findet man bei Patienten mit weit fortgeschrittener Aids-Erkrankung und weitestgehender Schwächung des Immunsystems (mündliche Mitteilung). Der niedrige Cholesterinspiegel ist dann Ausdruck einer Schwäche der sich der Außenwelt behauptend gegenüberstellenden Kräfte und ein Überschwemmtwerden des Organismus durch die Außenwelt.

Wir haben drei Funktionsbereiche im menschlichen Organismus charakterisiert, die sich räumlich durchdringen, aber von ihrer Aufgabe her deutlich zu unterscheiden sind. Insofern im Darm die Nahrungsaufnahme im Vordergrund steht, muß die Nahrung aufgeschlossen, durchmischt, chaotisiert werden. Dem steht der Nerven-Sinnes-Bereich gegenüber, der mit unserer Bewußtseinsentfaltung und Erinnerungsmöglichkeit verknüpft ist. Wir brauchen dazu die dauerhaften Strukturen des Gehirns bis dahin, daß die Substanzen zur Ruhe kommen. Das gilt nur für die strukturgebenden Substanzen, der Energiestoffwechsel des Gehirns ist selbstverständlich sehr hoch. Dem Homogenisieren, Chaotisieren, Auflösen aller Gestalt im Darm steht die ruhende Struktur und Oberflächenbildung im Gehirn gegenüber. In der Zirkulation wird eine Mitte gefunden: wir finden die sphärische Tropfenform der Lipoproteine, deren ständige Bewegung und Verwandlung hochgeordnet verlaufen.

Die Funktion des Cholesterins tritt im Nerven-Sinnes-

Bereich, in den Myelinscheiden des Gehirns am deutlichsten hervor in deren hohem Lipid- und damit Cholesteringehalt, in deren Dauerhaftigkeit, indem das Gehirn sein Cholesterin nur selber bildet und Triglyzeridfette im Gehirn keine Bedeutung haben. Im mittleren Bereich der Zirkulation darf keine Dauerhaftigkeit eintreten, die Prozesse, die im Kopf dominieren, müssen hier überwunden werden, indem das Cholesterin im Darm zur Ausscheidung gebracht wird. Dort tritt es dem Nahrungsstrom, insbesondere den Nahrungsfetten, entgegen (s. Abb. 3).

7. Der Zusammenhang von Substanz- und Seelenprozessen

Die überwältigend umfangreiche Cholesterinforschung hat – insofern sie nicht rein beschreibend die Substanzeigenschaften, die Molekülstruktur, das Vorkommen im Organismus und die Biosynthese aufgeklärt hat – zunächst vornehmlich den Zusammenhang des Plasmacholesterinspiegels mit Herz und Gefäßerkrankung und die Faktoren, die den Plasmacholesterinspiegel beeinflussen, untersucht. Dabei wird das Cholesterin im Zusammenhang mit pathologischen Erscheinungen ins Auge gefaßt. Vergleichsweise wenig ist dagegen über die eigentliche Bedeutung des Cholesterins im Organismus bekannt. Abgesehen von der Rolle des Cholesterins als Vorläufer für die Bildung von Steroidhormonen, Cholecalciferol und Gallensäuren, beschränkte sich die Forschung lange Zeit weitgehend auf die physikalische Untersuchung von Membraneigenschaften in Abhängigkeit von deren Cholesteringehalt. Inzwischen ist der Einfluß des Cholesterins der Membranen auf eine Reihe von biochemischen Parametern untersucht worden (25, 4). In dem hier dargestellten Zusammenhang ist aufschlußreich, daß man daraus eine Bedeutung des Cholesterins ableiten kann, die der von lipophilen Anästhetika entgegengesetzt ist (4), da unter deren Wirkung eine erhöhte Fluidität der Membranen beobachtet wird (1), während Cholesterin die Festigkeit und Undurchdringlichkeit der Membranen erhöht. Diese These stimmt überein mit dem hier aus dem Gesamtstoffwechsel des Cholesterins entwickelten Bild einer Substanz, deren Charakter sich im Nerven-Sinnes-Bereich zum Ausdruck bringt. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Substanzzustand insbesondere der Lipidsubstanzen im Zentralnervensystem und der Möglichkeit des Bewußtseins. So wurde früher die Stärke von Anästhetika an deren Löslichkeit in Olivenöl abgeschätzt. Heute wird intensiv nach einem genaueren Verständnis des Zusammenhanges gesucht (40, 1).

Das menschliche Bewußtseinsphänomen ist nicht aus solchen substanzialen Vorgängen zu erklären, wie auf der anderen Seite der menschliche Wille nicht aus der Energie, die bei der Verbrennung von Fetten frei wird. Aber physiologische Prozesse begleiten jede Willensent-

FETTE

keine Triglyzeridfette

CHOLESTERIN

NERVEN-SINNES-SYSTEM: SUBSTANZRUHE

Bestandteil der Myelinscheiden
 $\frac{1}{4}$ des Ges.-Chol.:
 bis 10% d. T.M.
 eigene Synthese
 $\frac{1}{2}$ bis zu mehreren Jahren

ZIRKULATION: AUSGLEICH

Ernährung und Ausscheidung

STOFFWECHSEL:

METABOLISMUS UND SUBSTANZBEWEGUNG

Abbau

Nahrungsaufnahme

Aufbau

Gallenkreislauf u. Ausscheidung

Abb. 3: Physiologie von Fetten und Cholesterin

faltung und eine bestimmte Substanzbildung und Verdichtung ist Voraussetzung für menschliches Wachbewußtsein. Wie in der Zirkulation der Ausgleich zwischen Verfestigung und Auflösung gefunden wird, hängt schließlich damit zusammen, wie der Mensch sich in seinem Erleben in die Welt stellt, ist also Ausdruck seines Fühlens.

Eine von der Geste her qualitativ ähnliche Beschreibung von Substanzprozessen gibt Rudolf Steiner 1911 in den Vorträgen über okkulte Physiologie (35). Er weist auf Prozesse hin, die ausgehend vom Blut in Kristallisationen, Gerinnung oder Flockung und Wärmeprozessen das Denken, Fühlen und Wollen begleiten, und Leibbildungsprozesse, die in Knochenbildung, Knochenleim und physiologischer Verbrennung die leibliche Voraussetzung für Denken, Fühlen und Wollen schaffen.

Wie wir gesehen haben, ist das Cholesterin in allen Bereichen des menschlichen Organismus von Bedeutung. Achtet man auf die Charakteristik, wie es in die Physiologie eingebunden ist, so bemerkt man in jedem Bereich die Gegensätzlichkeit zu den Fettsubstanzen. Bis in die Substanzeigenschaften kann man verfolgen, daß die Bildung und die Funktion des Cholesterins insbesondere unter der Wirkung der Kräfte steht, die im Nerven-Sinnes-Bereich dominieren.

Aber auch auf der sozialen Ebene, in der Wissenschafts- und Kulturgeschichte des Cholesterins, läßt sich eine Signatur bemerken: Indem das Cholesterin als Einzelsubstanz in pathologischen Erscheinungen aus dem Organismuszusammenhang herausfällt, aber dann auch durch Farbreaktionen im Organismus leicht nachweisbar ist, bietet es sich dem Gegenstandsbewußtsein an und wird Objekt von Egoismen und Ängsten. In dem Wandel der Anschauungen über das Cholesterin spiegelt sich eine Abkehr von dem Primat der Substanz. Indem nach und nach der Organismus unter dem Einfluß des Seelisch-Geistigen als verantwortlich für die Beherrschung der Substanz erkannt wird, löst sich das Bewußtsein von der

Fixierung auf die Substanz und besinnt sich auf die Verantwortung für die eigene Lebensführung. So kristallisiert sich an der Kulturgeschichte des Cholesterins ein Stück Bewußtseinsgeschichte.

Die Bearbeitung dieses Themas wurde durch die Zusammenarbeit in der Anthroposophisch-Pharmazeutischen Arbeitsgemeinschaft ange-regt und wäre nicht möglich gewesen ohne die vielfältigen Gesprächs-möglichkeiten im Kollegium des Carl-Gustav-Carus-Instituts. Dafür möchte ich mich bedanken.

Literatur

- 1 Aloia, R.C., Curtain, C.C., Gordon, L.M. (eds.) (1991): Drug and Anesthetic Effects on Membrane Structure and Function. Wiley-Liss Vlg. New York (USA)
- 2 Anitschkow, N., Chalataw, S. (1912): Über experimentelle Cholesterinsteatose und ihre Bedeutung für die Entstehung einiger pathologischer Prozesse. Zentralbl. allg. Path. path. Anat. 24 1–9 (zitiert nach Neuhausen 1977)
- 3 Aselli, G. (1622): De lactibus sive lacteis venis quarto ... in: J. Meyer-Burg (ed.) (1977): Der abdominelle Lymphkreislauf, Baden-Baden, zitiert nach H. Brettschneider (1982) in: Ideen zum Herz-Kreislaufsystem, Stuttgart
- 4 Bastiaanse, E. M. L., Höld, K. M., Van der Larse, A. (1997): The effect of membrane cholesterol content on ion transport processes in plasma membranes. Cardiovascular Res. 33, 272–283
- 5 Beneke, F. W. (1866): Über das Cholestearin. Arch. Vereins wiss. Heilk. 2, 432–466, zitiert nach Neuhausen 1977
- 6 Böhm, S. (1997): Hohe Lebenserwartung der Kreter führen Experten der WHO auch auf Ernährung mit Olivenöl zurück. Ärzte Z. 68, 2
- 7 Braun, D. (1997): Die Milchkomposition der Säugetiere im Vergleich und die Milch des Menschen. Witten, Dissertation
- 8 Bretscher, M. S., Munro, S. (1993): Cholesterol and the Golgi Apparatus. Science 261, 1281
- 9 Canvin, D. T. (1965): The effect of temperature on the oil content and fatty acid composition of the oils from several oil seed crops. Can. J. Bot. 43, 63
- 10 Carroll, K. K. (1977): The Role of Dietary Protein in Hypercholesterolemia. Lipids 13, 360–365
- 11 Cummings, P., Psaty, B. M. (1994): The Association between Cholesterol and Death from Injury. Ann Intern Med. 120, 848–855
- 12 Dietschy, J. M., Gotto, A. M., Ontko, J. A. (ed.) (1978): Disturbances in Lipid and Lipoprotein Metabolism. Bethesda, Maryland
- 13 Doree, C., Gardner, J. A. (1908): The origin and destiny of cholesterol in the animal organism. Part II. – The excretion of cholesterol by the dog. Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B 80, 227–239, zitiert nach Neuhausen 1977
- 14 Ellis, G. W., Gardner, J. A. (1909): The origin and destiny of cholesterol in the animal organism. Part IV. – The cholesterol contents of eggs and chicks. Proc. Roy. Soc. Lond., Ser. B 81, 129–132, zitiert nach Neuhausen 1977
- 15 Engelberg, H. (1992): Low Serum Cholesterol and Suicide. Lancet 339, 727–729
- 16 Fielding, J. C., Fielding, P. E. (1995): Molecular physiology of reverse cholesterol transport. J. Lipid Res. 36, 211–228
- 17 Flint, A. (1862): Experimental researchs into a new excretory function of the liver; consisting in in the removal of cholesterine from the blood, and its discharge from the body in the form of stercorine. Amer. J. med. Sc. 44, zitiert nach Neuhausen 1977
- 18 Frey, I., Berg, A., Keul, J. (1997): Bewegungsmangel als Risikofaktor. DAZ 37, 3192–3193
- 19 Friedrich, W. (1987): Handbuch der Vitamine. München
- 20 Ganzer, B. M. (1993): Cholesterol – zur Geschichte eines umstrittenen Steroids. PZ 138, 333–341
- 21 Gurr, M. I. (1992): Dietary Lipids and Coronary Heart Disease: Old Evidence, New Perspective. Prog. Lipid Res. 31, 195–243
- 22 Hadley, N. F. (1985): The Adaptive Role of Lipids in Biological Systems. New York
- 23 Hopkins, P. N. (1992): Effects of dietary cholesterol on serum cholesterol: a meta-analysis and review. Am J Clin Nutr 55, 1060–1070
- 24 Jurevics, H. A., Morell, P.: Sources of cholesterol for kidney and nerve during development; J. Lipid Res.; 1994; 35; 112–120
- 25 Yeagle, P. L. (1985): Cholesterol and the cell membrane. Biochimica et Biophysica Acta 822, 267–278
- 26 Markel, A., Brook, G. J. (1994): Cancer and Hypocholesterolemia. Isr J Med Sci 30, 787–793
- 27 Mead, F. M. (1986): Lipids: Chemistry, Biochemistry and Nutrition. New York
- 28 Myant, N. B. (1981): The Biology of Cholesterol and related Lipids. London
- 29 Neuhausen, Th. (1977): Das Cholesterin. Vorstellungen über seine Rolle im Körper. Kölner medizinhistorische Beiträge – Band 6, Köln
- 30 Puddey, I. B. (1996): Low Serum Cholesterol and the risk of cerebral haemorrhage. Atherosclerosis 119, 1–6
- 31 Ransom, F. (1901): Saponin und sein Gegengift. Dtsch. med. Wschr. 27, 194–196, zitiert nach Neuhausen 1977
- 32 Robertson, T. B., Burnet, T. C. (1912): Preliminary communication on the part played by cholesterol in determining the incidence of carcinoma. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 10, 140–143, zitiert nach Neuhausen 1977
- 33 Santiago, J. M., Dalen, J. E. (1994): Cholesterol and Violent Behavior. Arch Intern Med 154, 1317–1321
- 34 Seidelin, K. N. (1995): Fatty Acid Composition of Adipose Tissue in Humans. Implications for the Dietary Fat-Serum Cholesterol-CHD Issue. Prog. Lipid Res. 34, 199–217
- 35 Steiner, R. (1911): Eine okkulte Physiologie. Dornach, 5. Aufl. 1991
- 36 Steiner, R., Wegman, I. (1925): Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen. Dornach, 7. Aufl. 1991
- 37 Stryer, L. (1990): Biochemie. Heidelberg
- 38 Taylor, C. B., Kang-Jey Ho (1967): A Review of human Cholesterol Metabolismus. Arch Path 84, 3–14
- 39 Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P. (1989): Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. Stuttgart
- 40 Trudell, J. R. (1977): A Unitary Theorie of Anesthesia Based on Lateral Phase Separations in Nerve Membranes. Anesthesiology 46, 5–10
- 41 Ulrich, K. (1990): Vergleichende Biochemie der Tiere. Stuttgart
- 42 Wacker, L. (1912): Das Cholesterin und seine Begleitsubstanzen im menschlichen Depotfett beim Carcinom. Ztschr. physiol. Chem. 80, 383–408, zitiert nach Neuhausen 1977.
- 43 Wechsler, J. G. (1993): Aktuelle Aspekte der Hyperlipoproteinämien. Heilkunst 11, 20–57
- 44 Windaus, A. (1909): Über die Entgiftung der Saponine durch Cholesterin. Ber. Dtsch. chem. Ges. 42, 238–246, zitiert nach Neuhausen 1977

Dr. Martin Errenst
Carl Gustav Carus-Institut
Am Eichhof
D-75223 Niefern-Öschelbronn