

**Untersuchungen zum Fettstoffwechsel
des Südlichen See-Elefanten
(*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis**

**Investigations on the lipid metabolism
of the Southern Elephant Seal
(*Mirounga leonina* L.) in the Antarctic**

Sven Ramdohr

**Ber. Polarforsch. 348 (2000)
ISSN 0176 - 5027**

Sven Ramdohr

Stiftung Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Sektion Vergleichende Ökosystemforschung
Columbusstraße; 27568 Bremerhaven; Bundesrepublik Deutschland

Die vorliegende Arbeit ist eine inhaltlich unveränderte Fassung einer veterinärmedizinischen Inaugural-Dissertation aus dem Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin, eingereicht über den Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, und aus der Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Danksagung	IV
Zusammenfassung	1
Summary	4
Einleitung	7
Literaturübersicht	
Biologie des Südlichen See-Elefanten	8
Grundlagen des Fettstoffwechsels	10
Fettstoffwechsel bei antarktischen Robben	19
Methoden zur Untersuchung des Fettstoffwechsels	20
Narkose von See-Elefanten	22
Material und Methoden	
Allgemeine Methoden	
Ort und Zeitraum der Untersuchungen	27
Planung der Probennahme	29
Handhabung und Markierung der See-Elefanten	29
Narkotisierung	30
Auswahl und Anzahl der Tiere	31
Wägung und Probengewinnung	33
Methoden im Feldlabor	
Aufbereitung und Signatur des Probenmaterials	34
Analysen im Feldlabor	35
Lipidanalytik	35
Ultrazentrifugation	36
Konservierung und Transport für weitere Untersuchungen	37

Weitere Methoden

Freies Cholesterin, freie Fettsäuren und Phospholipide	38
Beta-Hydroxybutyrat	39
Vitamin E (Tocopherol)	39
Quantitative Lipoproteinelektrophorese	40
Fast Protein Liquid Chromatography	40
Elektronenmikroskopie	41
Datenverarbeitung	41
Statistische Methoden	42
Geräte und Material	45

Ergebnisse

Anzahl der Versuchstiere	48
Narkose	50
Komplikationen	51
Untersuchungsbefunde	52
Körpergewicht	52
Analysenergebnisse	56
Konzentrationen im Serum	57
Ultrazentrifugation	66
Elektronenmikroskopie	69
FPLC (Fast Protein Liquid Chromatography)	77
Quantitative Lipoproteinelektrophorese	81
High Performance Liquid Chromatography	87
Statistische Ergebnisse	93

Diskussion

Handhabung und Narkose von See-Elefanten	94
Labormethodik	98
Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten	102
Medizinischer Aspekt	109

Anhang	110
Literaturverzeichnis	112

Danksagung

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. R.R. Hofmann, Direktor des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (Berlin), danke ich sehr herzlich für die vertrauensvolle Annahme des Promotionsvorhabens und für die jederzeit gewährte Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Dr. U. Welsch, Lehrstuhl Anatomie II der Anatomischen Anstalt der LMU München, danke ich sehr herzlich für die intensive Mitbetreuung des Promotionsvorhabens und für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Abbildungen.

Herrn Prof. Dr. D. Seidel, Herrn Dr. P. Cremer, Herrn Prof. Dr. A. Walli, Herrn Dr. habil. J. Thiery, Frau Dr. D. Nagel und Herrn Dr. H.-G. Klein, Institut für Klinische Chemie des Klinikums Großhadern der LMU München, danke ich für die Möglichkeit der zahlreichen Gastaufenthalte am Institut für Klinische Chemie sowie für die zahlreichen Anregungen und Hilfen bei der Durchführung der Analysen.

Herrn Dr. C. Engelschalk, Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern, danke ich besonders herzlich für die unermüdliche und kameradschaftliche Unterstützung während der Durchführung der Analysen.

Herrn Dr. J. Streich, Institut für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin, danke ich herzlich für die hilfreiche und geduldige Beratung bei der statistischen Bearbeitung des Datenmaterials.

Herrn Alejandro Carlini, Instituto Antartico Argentino, Buenos Aires, danke ich für die kameradschaftliche Zusammenarbeit bei der Probengewinnung während der Expeditionen.

Herrn Dr. H. Bornemann, Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven, danke ich sehr herzlich für die unentbehrliche Unterstützung während der Expeditionen und für die freundschaftliche Kollegialität und Anteilnahme bei der Anfertigung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. W. Arntz danke ich sehr herzlich für die Genehmigung, am Fachbereich Bentische Ökosysteme des Alfred-Wegener-Instituts eine veterinärmedizinische Dissertation anfertigen zu dürfen.

Herrn Dr. J. Plötz, Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven, danke ich besonders herzlich für die Anregung zu diesem Thema und für die freundschaftliche Aufnahme in die Arbeitsgruppe am AWI, ohne die die Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden mittels biochemischer, elektrophoretischer und elektronenmikroskopischer Methoden ausgewählte Parameter des Lipidstoffwechsels des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina*) untersucht. Die Ergebnisse werden dann als Ausdruck der besonderen Anpassung an den polaren Lebensraum diskutiert. Frühere Untersuchungen bei Weddellrobben (*Leptonychotes weddellii*) zeigten hohe Konzentrationen an Cholesterin (400-1000mg/dl) und trotz der fetthaltigen Nahrung vergleichsweise niedrige Serumkonzentrationen an Triacylglyceriden (30–90 mg/dl). Histologische Untersuchungen an Arterien der Weddellrobben und eines See-Elefanten zeigten jedoch keine pathologischen Veränderungen der Blutgefäße. Beim Menschen hingegen wurde anhand zahlreicher epidemiologischer Studien der Zusammenhang zwischen pathologischen Blutfettwerten und kardiovaskulären Erkrankungen nachgewiesen. Hierdurch wurden in der Lipiddiagnostik zahlreiche Labormethoden etabliert. Eine Auswahl dieses Spektrums wird für die Untersuchungen am Südlichen See-Elefanten angewendet und diskutiert.

Die Freilanduntersuchungen fanden in zwei Expeditionen (1995/96 und 1996/97) im deutsch-argentinischen Dallmann-Labor auf King George Island, Antarktis, statt. Für die Probengewinnung wurden adulte Robben mit Ketamin oder mit einer Ketamin/Xylazin-Kombination immobilisiert, Jungtiere wurden nicht immobilisiert. Drei Applikationsmethoden wurden entsprechend den Bedingungen im Feld verwendet. Von insgesamt 79 Narkosen wurden 3 Narkosen mit Yohimbin beendet.

Die Laboruntersuchungen wurden in folgenden Labors durchgeführt: Im Feldlabor, im Klinikum Großhadern (LMU München) und an der Anatomischen Anstalt, Lehrstuhl II (LMU München).

Insgesamt wurden 182 Blutproben von 40 Tieren gewonnen, die entsprechend des Jahreszyklus‘ des Südlichen See-Elefanten in 4 Tiergruppen eingeteilt wurden: Laktierende Muttertiere, gesäugte Jungtiere, abgesetzte Jungtiere und adulte Tiere in der Häutungsphase. Jeder der folgenden Parameter wurde in regelmäßigen Abständen (sog. Probenprofilen) und bei jeder Tiergruppe untersucht:

- 1) Ultrazentrifugation des Blutserums zur Lipoproteintrennung (Feldlabor) und Bestimmung der Cholesterinkonzentration in den Lipoproteinfraktionen
- 2) Konzentrationsmessung im Blutserum: Freies Cholesterin, Cholesterinester, Phospholipide, Triacylglycerine, freie Fettsäuren, β -Hydroxybutyrat (β -HBA), Glucose und α -Tocopherol

ZUSAMMENFASSUNG

3) Bei jeder Tiergruppe und für jeden Parameter wurden die Probenprofile hinsichtlich ihres Gleichlaufs (Kendall'scher Konkordanzkoeffizient) beurteilt. Gleichlaufende Profile ($p < 0,5$) wurden zusätzlich auf Monotonie getestet (Spearman'scher Rangkorrelationskoeffizient).

4) An Einzelproben von jeder Tiergruppe wurden durchgeführt (Großhadern): Quantitative Lipoproteinelektrophorese, Fast Protein Liquid Chromatography (FPLC) mit Cholesterinkonzentration in den FPLC-Fraktionen, High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Elektronenmikroskopie der Lipoproteine im Blutserum und in den durch Ultrazentrifugation isolierten Fraktionen

Bei Muttertieren wurde bei allen Parametern ein signifikanter Zusammenhang mit dem Laktationsgeschehen festgestellt (jeweils Gleichlauf, $p < 0,05$). Bei gesäugten Jungtieren wurde Gleichlauf in den Probenprofilen von Cholesterin, Cholesterinestern, freiem Cholesterin, Phospholipiden und Triacylglycerinen festgestellt ($p < 0,05$). Bei abgesetzten Jungtieren wurde Gleichlauf in den Probenprofilen von Phospholipiden, β -HBA und Glukose ($p < 0,05$) festgestellt. Während der Häutungsphase war bei keinem der Parameter Gleichlauf nachzuweisen ($p > 0,05$). Bei allen Tiergruppen wurden vergleichsweise hohe Konzentrationen von Cholesterin und Phospholipiden gefunden. Bei der Detektion der Tocopherole mittels der High Performance Liquid Chromatography (HPLC) erscheint neben dem bekannten γ -Peak ein weiterer, beim Menschen unbekannter γ -ähnlicher-Peak. Die Durchmesser der in den elektronenmikroskopisch dargestellten Lipoproteinpartikel weichen zum Teil erheblich von den beim Menschen bekannten Größenordnungen ab.

In der Ultrazentrifugation, in der FPLC und in der Lipoproteinelektrophorese zeigt sich übereinstimmend eine Dominanz von HDL-Cholesterin. Im Lipoproteinstoffwechsel könnte der bei Mäusen gefundene HDL-spezifische SR-BI-Rezeptor eine wichtige Rolle für die Elimination überschüssigen Cholesterins zur Vermeidung atherosklerotischer Prozesse spielen. Hingegen ist die hohe Cholesterinverfügbarkeit vermutlich notwendig, um die Fluidität von Gefäßzellmembranen beim Tieftauchen (hämodynamische Belastung) zu gewährleisten. Eine besondere Rolle spielt Cholesterin vermutlich bei der Aldosteronsynthese, um besonders beim fastenden, laktierenden Muttertier die Wasserretention zu regulieren. Die hohe Phospholipidverfügbarkeit im Blutserum wird als Voraussetzung für die Synthese des Surfactant-Faktors diskutiert, welcher nach den Tauchgängen der Robben (bis über 1500 m) für die Entfaltung der kollabierten Lunge notwendig ist.

Der Fettstoffwechsel wird besonders im Zusammenhang mit den unterschiedlichen nutritiven Situationen der Tiergruppen (Fasten oder Milchaufnahme) diskutiert. Die Probenprofile lassen bei den fastenden Tiergruppen (Muttertieren, abgesetzten Jungtieren,

ZUSAMMENFASSUNG

Adulten in Häutung) auf jeweils unterschiedliche stoffwechselphysiologische Reaktionen schließen, welche die Maximaldauer der jeweilige Fastenzeit im Sinne eines biochemisch-energetischen Limits determinieren könnten.

Die Minimaldauer der Fastenzeit wird als Ausdruck verhaltens- bzw. entwicklungsphysiologischer Abläufe aufgefaßt. Beim Muttertier ist die 22-tägige Fastenzeit als Folge der Jungtieraufzucht anzusehen. Das abgesetzte Jungtier benötigt eine Mindestzeit an Land, um die Reifung der Organe für den marinen Lebensraum zu vollziehen. Das adulte Tier in Häutung fastet vermutlich nicht durchgehend. Der Landaufenthalt könnte hier als Folge der für den Aufenthalt im Meer unzureichenden Thermoisolation während des Häutungsvorgangs aufgefaßt werden.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß der Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten bei allen Altersstufen an der Anpassung an den polaren Lebensraum direkt und auf vielfältige Weise beteiligt ist.

**Investigations on the lipid metabolism of the Southern Elephant Seal
(*Mirounga leonina* L.) in the Antarctic**

SUMMARY

In the present work certain parameters of the lipid metabolism of the Southern Elephant Seal (*Mirounga leonina*) are investigated using biochemical and electrophoretical methods and electronmicroscopy. Further it will be discussed whether the results indicate that the lipid metabolism has been adapted specifically to the polar environment. Earlier investigations on Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*) showed that in this species, cholesterol levels were comparatively high (400-1000 mg/dl), while levels of triacylglycerides were comparatively low (30-90mg/dl), despite high dietary fat intake. However, no evidence of arteriosclerotic degeneration was detected in the arteries of Weddell seals and one elephant seal studied. In humans, however, a number of epidemiological studies have indicated a strong correlation between disorders in the lipid metabolism and coronary disease. Therefore, a number of laboratory methods have been established for routine and specialised diagnostics in human medicine. In the present study a number of these methods were used for investigations on Southern Elephant Seals and discussed.

Field studies were carried out during two expeditions in 1995/96 and 1996/97 to the German-Argentinian Dallmann field laboratory on King George Island, Antarctica. For blood sampling, adult seals were either immobilised with ketamin or a ketamine/xylazine combination. Juvenile seals were not immobilised. Three different methods of drug administration were used, depending on field conditions. Three of 79 immobilisations were terminated using yohimbine.

Laboratory analyses were carried out in the field laboratory, in the Klinikum Großhadern (LMU München), and in the Anatomische Anstalt, Lehrstuhl II (LMU München).

In total, 182 blood samples were obtained from 40 seals, from 4 different animal groups: lactating cows, sucking pups, weaned pups, and adult seals during the annual moult. Each of the following parameters were analysed regularly in the 4 animal groups (value profiles):

1) ultracentrifugation of blood serum to obtain lipoprotein fractions and determination of cholesterol concentration in each lipoprotein fraction

SUMMARY

2) concentration in the blood serum of: esterified and non-esterified cholesterol, phospholipids, triacylglycerides, non-esterified fatty acids, β -hydroxybutyrate (β -HBA), blood glucose, and α -tocopherole

3) in each animal group and for each parameter the value profiles were calculated statistically using Kendall's coefficient of concordance. Value profiles with $p < 0.05$ were also checked statistically with the Spearman rank order correlation coefficient.

4) in addition, following laboratory methods were applied to single samples of each animal group: quantitative lipoprotein electrophoresis, fast protein liquid chromatography (FPLC) with concentrations of cholesterol in each FPLC fraction, high performance liquid chromatography (HPLC)

electron microscopy of lipoprotein particles in the blood serum and in the lipoprotein fractions separated by ultracentrifugation (Anatomische Anstalt, Lehrstuhl II).

In lactating cows all parameters showed a significant coincidence with stage of lactation ($p < 0.05$). In sucking pups, coincidence with the sucking period ($p < 0.05$) was noted for the value profiles of cholesterol, esterified and non-esterified cholesterol, phospholipids and triacylglycerides. In weanlings coincidence with the weaning period ($p < 0.05$) was noted in the value profiles of phospholipids, β -HBA, and blood glucose ($p < 0.05$). During the moulting period, no coincidence was noted of any parameter ($p > 0.05$). In all animal groups, comparatively high levels of cholesterol and phospholipids were found. In all animal groups, an unknown tocopherol peak (called γ_{ML} -peak) occurred in the HPLC, close to and of similar shape to the γ -tocopherol peak as known in humans. It was noted that the diameters of some lipoprotein particles as found in the electron microscope photographs differ widely from those in humans.

When ultracentrifugation is compared with the FPLC and the quantitative lipoprotein-electrophoresis, the HDL-cholesterol appears to be the predominant fraction. The HDL-binding SR-BI-receptor might play a central role in eliminating unnecessary cholesterol from the lipoprotein metabolism in order to avoid arteriosclerotic disease, as it has been found in mice. However, an high amount of disposable cholesterol might be necessary to ensure sufficient fluidity of cell membranes in blood vessels during deep diving. Cholesterol might also be necessary as a source of precursors for aldosterone synthesis in order to save water during the lactation (and fasting) period in lactating cows. It is possible that the comparatively high levels of serum phospholipids are necessary for the synthesis of sufficient quantities of lung surfactant factor. In elephant seals, surfactant factor is assumed to be an essential substrate for the expansion of the lungs during the ascent from deep dives (over 1500m).

SUMMARY

The particular aspects of lipid metabolism to be discussed are changes occurring as a result of changes in the nutritional status during the fasting periods in elephant seals. The value profiles of the investigated parameters indicate that the fasting periods of lactating cows, weaned pups, and moulting seals differ considerably from each other. Thus, it appears that there is a characteristic limit determining maximum fasting duration for each group. However, the minimum of fasting duration in each group is assumed to be a matter of behaviour and ontogenesis of elephant seals and of the development of weaned pups respectively. Because a lactating cow requires a minimum of 22 days to nurse the pup, she must remain in the breeding colony ashore. While undergoing the transition from sucking to nutritional independence, the weaned pup continues to develop body tissues, such as musculature, lungs and nervous system. The moulting seals probably do not fast permanently. Their onshore period is supposed to be due to the reduced thermoregulatory capabilities during the moulting process when the blood circulation of the body surface and thus, the thermoregulation is increased.

In summary, the lipid metabolism in all ages is directly and variously involved in the adaptation to the polar environment.

Einleitung

In der vorliegenden Arbeit sollen mit Hilfe etablierter biochemischer, physikalischer und ergänzender elektronenmikroskopischer Methoden ausgewählte Parameter des Lipidstoffwechsels des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina*) untersucht werden. Es soll dann diskutiert werden, ob die erfaßten Merkmale Ausdruck einer besonderen Anpassung an den polaren Lebensraum darstellen.

Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel werden bisher überwiegend am Menschen durchgeführt, nachdem durch zahlreiche epidemiologische Studien ein Zusammenhang zwischen pathologischen Blutfettwerten und kardiovaskulären Erkrankungen nachgewiesen wurde (KANNEL *et al.* 1976, OLIVER 1990). Für die Diagnostik der verschiedenen Lipidstoffwechselkrankheiten beim Menschen wurde im Laufe der Jahre ein umfangreiches Arsenal an Labormethoden entwickelt. Eine Auswahl dieses Spektrums, das neben biochemischen Methoden auch elektrophoretische und elektronenmikroskopische Techniken umfaßt, soll in der vorliegenden Arbeit angewendet und diskutiert werden.

Während jedoch in der humanmedizinischen Lipidforschung die Klärung pathologischer Vorgänge überwiegt, soll in der vorliegenden Studie die Physiologie eines warmblütigen Organismus' in Beziehung zum polaren Lebensraum untersucht werden. Analysen der Blutseren von sechs Weddellrobben (*Leptonychotes weddellii*) zeigten im Vergleich mit der Situation beim Menschen außergewöhnlich hohe Konzentrationen an Gesamtcholesterin mit Werten von 400-1000 mg/dl. Die Messungen von Triacylglycerinen (TAG) ergaben trotz der extrem fetthaltigen Nahrung vergleichsweise niedrige Konzentrationen, die mit 30-90 mg/dl teilweise deutlich unterhalb der Normalwerte des Menschen lagen (SCHUMACHER *et al.* 1992). Histologische Untersuchungen der Arterien von Weddellrobben (SCHUMACHER und WELSCH 1987) und eines See-Elefanten (RUDOLPH 1997, pers. Untersuchungen) zeigten jedoch keine pathologischen Veränderungen der Blutgefäße. Trotz sorgfältiger Untersuchungen (KOOYMAN *et al.* 1983, PLÖTZ *et al.* 1991) wurde bisher keine plausible Erklärung für die gemessenen Blutfettwerte gefunden.

Mit den vorliegenden Untersuchungen soll der Versuch unternommen werden, auf breiter Basis die Merkmale des Fettstoffwechsels des bisher nicht untersuchten Südlichen See-Elefanten zu erfassen und die Besonderheiten dieses Stoffwechsels als Anpassung an den polaren Lebensraum zu diskutieren.

Literaturübersicht

Biologie des Südlichen See-Elefanten

Der Südliche See-Elefant (*Mirounga leonina* LINNAEUS, 1758) gehört mit seinem nächsten Verwandten, dem Nördlichen See-Elefanten (*Mirounga angustirostris*) zur Unterfamilie der Mönchsrobber (Monachinae). Diese zählen zur Familie der Hundsrobber (Phocidae), die gemeinsam mit den Walrossen (Odobenidae) und den Ohrenrobber (Otariidae) die Unterordnung der Robber (Wasserraubtiere/Pinnipedia) bildet. Der Ursprung der Pinnipedia ist bisher nicht endgültig geklärt. Die ältesten, in Argentinien gefundenen Fossilien eines dem See-Elefanten ähnlichen Skelettes weisen ein Alter von 10-15 Millionen Jahren auf (HENDEY 1972, HENDEY und REPENNING 1972).

Der heutige Lebensraum des Südlichen See-Elefanten erstreckt sich von den gemäßigten Breiten des südlichen Atlantiks, Pazifiks und Indischen Ozeans bis in die subantarktischen Zonen der Antarktischen Halbinsel (Abb. 3, S. 27). Die Verbreitung wird in drei Hauptgebiete unterteilt, die zirkumpolar angeordnet sind (LING und BRYDEN 1981). Das größte Verbreitungsgebiet umfaßt die Küsten Südpatagoniens und Süd-Georgiens und schließt in seiner südlichsten Ausdehnung die Fortpflanzungskolonien auf den Süd-Shetland- Inseln ein (LAWS 1960). Weitere Verbreitungsgebiete befinden sich im Bereich der Kerguelen, Macquarie- und Marion Islands (CONDY 1970, GALES und BURTON 1989). Einen Hinweis auf frühere Verbreitungsgebiete an der Südküste Australiens und Tasmaniens liefert die Herkunft des wissenschaftlichen Namens: *Miouroung* ist ein Ausdruck der australischen Ureinwohner und bedeutet *Ungeheuer* (GRAY 1827). Neueste Untersuchungen zeigen, daß Südliche See-Elefanten bis in die hochantarktischen Küstengebiete der Bellingshausensee bei Alexander Island südlich des 70. Breitengrades vordringen (BORNEMANN *et al.* 1998).

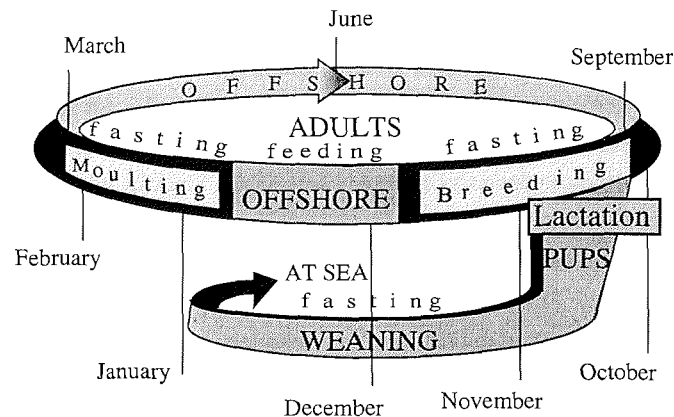
Die Bestandsgrößen des Südlichen See-Elefanten werden im Rahmen populationsdynamischer Untersuchungen regelmäßig erfaßt (SCAR 1991, 1996). Danach verzeichneten die Bestandszählungen im Kerguelen- und Macquarie-Bestand abnehmende Stückzahlen, während der Süd-Georgien-Bestand stabil blieb.

See-Elefanten erreichen von allen Robberarten die größten Körpermaße (KING 1983). Die fortpflanzungsfähigen Bullen des Südlichen See-Elefanten erreichen eine Länge von bis zu 6 Metern und ein Gewicht von bis zu 4500 kg, während die Kühe bei einer durchschnittlichen Länge von 270 cm ein Gewicht von etwa 500 bis 800 kg erreichen. Damit weist der Südliche See-Elefant in der Klasse der Säuger (Mammalia) den ausgeprägtesten Geschlechtsdimorphismus auf, welcher sich mit Erreichen der Geschlechtsreife ab dem 4.

bis 5. Lebensjahr zunehmend ausprägt (LAWS 1953). Während die Kühe bereits zu Beginn der Geschlechtsreife das erste Jungtier austragen können, erreichen die Bullen erst mit dem 10. bis 12. Lebensjahr ihre volle Körpergröße, die sie befähigt, sich gegen rivalisierende Artgenossen durchzusetzen. Ebenso entwickelt sich der Nasensattel des Bullen (*Proboscium*) erst mit Erreichen der Fortpflanzungsreife zur rüsselähnlichen Form, die dem See-Elefanten den Namen gab (Abb. 46).

Mitte September suchen die fortpflanzungsfähigen Bullen die Küsten auf, um Rangordnungskämpfe auszutragen. In der Literatur werden dominierende Bullen als *Beachmaster*, zweitrangige Bullen als *Challenger* bezeichnet (LING und BRYDEN 1981). Die trächtigen Kühe versammeln sich Ende September in Gruppen zu je 20-200 Tieren, den sogenannten *Harems*, die jeweils von einem Beachmaster dominiert werden, während die Challenger außerhalb der Harems verweilen (Abb. 2). Von Oktober bis Mitte November bringen die Kühe jeweils ein Junges (*Pup*) zur Welt. Das Gewicht der Jungen beträgt bei einer Länge von ca. 130 cm etwa 45 kg. Während der 22- bis 24-tägigen Säugezeit (Abb. 47) und der anschließenden Begattung (Breeding, Abb. 1) fasten sowohl die Kühe als auch die Bullen, ohne in dieser Zeit das Meer aufzusuchen (McCANN 1980). Die Jungen verdrei- bis vervierfachen ihr Geburtsgewicht innerhalb der Säugezeit (BRYDEN 1967). Die Milch enthält zu Beginn der Laktation bis zu 60% Fett (HINDELL *et al.* 1994). Nach Beendigung der Säugezeit entfernen sich die entwöhnten Jungtiere (*Weanlings*) von den Kühen. Nach der Laktation und der sich anschließenden Begattung suchen die adulten Robben das Meer auf, um Nahrung aufzunehmen (kurzes Offshore, Abb.1), während die Weanlings (Abb. 48) für weitere 6-8 Wochen an Land bleiben, fasten und das dunkle wollige Fell (*Lanugo*) durch graues glattes Fell ersetzen (Weaning, Abb. 1). Von Dezember bis Februar suchen die adulten Robben noch einmal für etwa drei Wochen das Land auf, um das Haarkleid einschließlich der oberen Hautschicht zu wechseln (Abb. 1, Moulting).

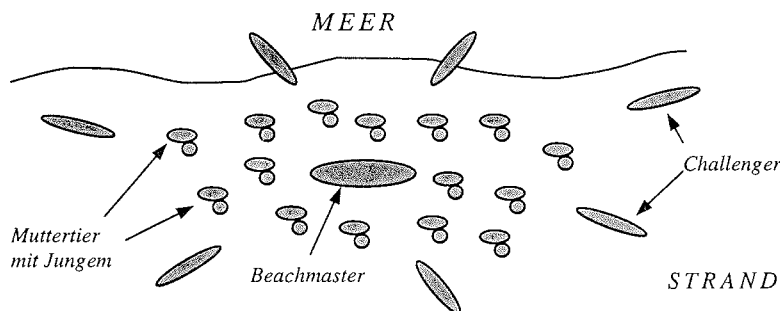
Abb. 1 Jahreszyklus des Südlichen See-Elefanten (CCAMLR 1987, modifiziert). Beschreibung s. Text



Von allen Robbenarten haben der Nördliche und der Südliche See-Elefant das beste Tauchvermögen entwickelt. Messungen zeigten Tauchtiefen von bis zu 1500 Metern (HINDELL *et al.* 1991, LeBoeuf *et al.* 1988). Untersuchungen mit Satellitentransmittern zeigen sowohl bei adulten als auch bei juvenilen Südlichen See-Elefanten ein systematisches Wanderungsverhalten (BORNEMANN *et al.* 1998).

Die Nahrung besteht überwiegend aus Tintenfischen (RODHOUSE *et al.* 1992). Einzelbeobachtungen zeigen jedoch, daß auch Fische (Patagonian toothfish, *Dissostichus eleginoides*) aufgenommen werden (REID und NEVITT 1998).

Abb. 2 Schematische Anordnung eines Harems (nach LING und BRYDEN 1981)



Grundlagen des Fettstoffwechsels

Lipide

Die im tierischen Organismus vorkommenden Lipide sind niedermolekulare, wasser-unlösliche Substanzen mit großer Heterogenität. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Kohlenwasserstoffketten, die aliphatisch (z.B. Fettsäuren) oder ringförmig (z.B. Cholesterin) angeordnet sein können. Sie zeichnen sich gegenüber anderen Naturstoffen durch die gemeinsame Eigenschaft aus, daß sie nicht oder nur schwach in Wasser, dagegen gut in organischen Lösungsmitteln wie Äther, Chloroform oder Benzol löslich sind. Entsprechend der Verschiedenartigkeit ihrer chemischen Struktur gibt es eine Vielzahl von Einteilungsmöglichkeiten für Lipide.

Für biochemische Zwecke hat sich die übergeordnete Einteilung in *einfache* und *komplexe* Lipide bewährt. Den einfachen Lipiden sind z.B. die Triacylglycerine (TAG), das Cholesterin und die Cholesterinester zuzuordnen. Diese Substanzen werden aufgrund ihrer fehlenden elektrischen Ladung auch als Neutralfette bezeichnet, während Substanzen mit einer positiven und einer negativen Ladung, wie z. B. die Phospholipide, als komplexe

Lipide bezeichnet werden. Die heute gebräuchliche Lipid-Nomenklatur wurde durch eine Kommission der ¹IUPAC/IUB festgelegt (HOFFMANN-OSTENHOF *et al.* 1977/78).

Biologische Bedeutung der Lipide

Lipide bzw. Fette sind ein wichtiger Bestandteil der Nahrung. Die Verbrennung (Oxidation) der Fette ergibt im Vergleich mit anderen Nahrungsstoffen die höchste Energieausbeute (wiss. Tabellen GEIGY, 1992). Während 1 g Protein oder 1 g Kohlenhydrate bei ihrer Oxidation 18,6 kJ (4,4 kcal) bzw. 17,5 kJ (4,2 kcal), liefern, ergibt die Oxidation von 1 g Fett (TAG) 39,6 kJ (9,5 kcal). Neben ihrem energetischen Wert sind die Nahrungslipide auch als Träger der essentiellen Fettsäuren und der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K von Bedeutung. Im tierischen Organismus findet sich die höchste Lipidkonzentration im Fettgewebe. Neben ihrer Funktion als Thermoisolation dienen die Lipidspeicher als Energiequelle für Phasen verminderter oder gänzlich ausbleibender Nahrungszufuhr. Darüber hinaus dient Fettgewebe als Schutz und Lagerung für innere Organe (z.B. als Nierenlager und in der Orbita).

Cholesterin

Cholesterin gehört zu den *Sterinen* (Steroiden). Es kann sowohl im Körper synthetisiert als auch über die Nahrung aufgenommen werden. Die Synthese verläuft über mehr als 24 Reaktionsschritte aus aktivierter Essigsäure (Acetyl-CoA). Cholesterin kommt in großer Menge in allen tierischen Zellen, besonders im Nervengewebe und in der Nebennierenrinde vor. Es ist ein wichtiger Bestandteil aller tierischen Zellmembranen. Da es für die Energiegewinnung nicht verwendet wird, kommt es nicht in mitochondrialen Membranen vor. Cholesterin bildet die Ausgangssubstanz für die Biosynthese der Steroidhormone, die in der Nebennierenrinde und in den Gonaden gebildet werden. Cholesterin wird in Lipoproteinen (s.u.) in freier und veresterter Form transportiert. Freies Cholesterin besitzt in der Position 3 eine Hydroxyl- (OH-) Gruppe und erhält dadurch amphiphile Eigenschaften, während die veresterte Form eine meist ungesättigte Fettsäure trägt und dadurch hydrophobe Eigenschaften bekommt. Im Plasma werden etwa 2/3 des Cholesterins durch das Plasmaenzym Lecithin-Cholesterin-Acyltransferase (LCAT) verestert.

Acylglycerine

Acylglycerine (AG) enthalten außer Fettsäuren den dreiwertigen Alkohol *Glycerin* als zentrales Bauteil. Meistens sind alle drei Hydroxylgruppen des Glycerins mit Fettsäuren verestert. In diesem Fall spricht man von *Triacylglycerinen* oder *Triglyceriden* (TAG). Ein

¹IUPAC/IUB: Int. Union of Pure and Applied Chemistry / Int. Union of Biochemistry

großer Teil der im tierischen Fettgewebe vorkommenden TAG besitzen Fettsäuren unterschiedlicher Länge. In geringerer Menge vertreten sind TAG mit Fettsäuren gleicher Länge und Sättigung (*einfache Triacylglycerine*), sowie Acylglycerine mit nur einer oder zwei veresterten Fettsäuren (*Mono- bzw. Diacylglycerine*). Diese Verbindungen kommen als Zwischenprodukte beim Auf- und Abbau der TAG vor. Im Gegensatz zu den TAG bedingt das Vorkommen freier Hydroxylgruppen in Mono- und Diacylglycerinen, daß diese Verbindungen neben ihren hydrophoben auch polarisierte, d.h. hydrophile Bezirke besitzen (Amphiphilie). Mono- und Diacylglycerine sind deshalb zur Bildung von Membranen befähigt, indem sie durch Ausrichtung ihrer polaren Bezirke eine Grenzschicht zu wässrigen Medien bilden können. Von großer Bedeutung für die Konsistenz des Speicherfettes ist die Zusammensetzung der Fettsäurereste in den TAG. Je länger die Kohlenwasserstoffketten der Fettsäurereste sind und je weniger Doppelbindungen diese enthalten, um so höher liegt der Schmelzpunkt der TAG. Einen besonders hohen Anteil an hochungesättigten Fettsäureresten findet man dementsprechend im subcutanen Fettgewebe, das die Funktion der Wärmeisolierung zu erfüllen hat. Entsprechend ihrer Biosynthese aus zwei Kohlenstoffeinheiten enthalten Fettsäuren eine gerade Anzahl von Kohlenstoffatomen (C-Atomen), die am Carboxylende beginnend mit arabischen Ziffern durchnummeriert werden. Die unverzweigten Ketten der Fettsäuren können eine oder mehrere Doppelbindungen enthalten (einfach oder mehrfach ungesättigte Fettsäuren).

Freie Fettsäuren

Der Anteil an freien (unveresterten) Fettsäuren an den Lipidfraktionen beträgt weniger als 2%. Sie sind nicht mit den Lipoproteinen assoziiert, sondern werden hauptsächlich an andere Plasmaproteine (z.B. Albumin) gekoppelt. Sie entstehen im Plasma durch die Aufspaltung (Hydrolyse) von Triacylglycerinen oder von Phospholipiden und stellen, außer im zentralen Nervensystem (ZNS), das energieliefernde Substrat für die Fettoxidation (β -Oxidation) dar. Ihr Anteil im Plasma hat eine wichtige Lipoprotein-regulierende Funktion.

Phosphatide (Phospholipide)

Ähnlich wie bei den Acylglycerinen ist auch bei den Phospholipiden (PL) der dreiwertige Alkohol Glycerin das zentrale Bauteil. Zwei der Hydroxylgruppen des Glycerins sind mit langkettigen Fettsäuren verestert, die dritte mit Phosphorsäure. Der häufigste Vertreter in natürlichen PL ist das *Phosphatidylcholin* (Lecithin). Es ist ein aus Diacylglycerin und dem Aminoalkohol Cholin bestehender Phosphorsäurediester und kommt als Baustein biologischer Membranen in allen tierischen und pflanzlichen Zellen vor. Da die Kohlen-

wasserstoffketten der in PL vorkommenden Fettsäuren durch ihre Länge ausgesprochen hydrophob sind, gehören die PL zu den sogenannten *amphiphilen* Verbindungen, die sich durch hydrophobe und hydrophile Regionen in einem Molekül auszeichnen. Derartige Verbindungen, zu denen auch Mono- und Diacylglycerine gehören, können geordnete (membranartige) Strukturen ausbilden. An der Oberfläche wäßriger Lösungen breiten sich amphiphile Lipide in Form von monomolekularen Filmen aus, in denen der polare Anteil des Moleküls ins Wasser ragt, während sich die hydrophoben Kohlenwasserstoffreste zur Luft oder zu apolaren Medien hin ausrichten. Von besonderer Bedeutung für die Ausbildung biologischer Membranen ist die Tatsache, daß amphiphile Lipide, speziell Phospholipide sogenannte *Doppelschichten* (bilayer) ausbilden können. Die Doppelschichtbildung beruht auf der Tatsache, daß sich die hydrophoben Kohlenwasserstoffketten der Fettsäurereste von amphiphilen Lipiden gegeneinander orientieren, während sich die hydrophilen Anteile zur wäßrigen Phase hin ausrichten. Lipiddoppelschichten bilden die Grundstruktur aller zellulären Membranen (CHAPMAN 1975).

Für die vielfältigen Funktionen biologischer Membranen spielt neben der Variation in der Zusammensetzung von Fettsäureresten und hydrophilen Gruppen auch die Fluidität von Lipiddoppelschichten eine Rolle. Reines *Dipalmitoylphosphatidylcholin* z.B., das ein wichtiger Membranbestandteil ist, schmilzt bei 80°-100°C. Der Ausdruck *Schmelzen* gibt in diesem Zusammenhang eine Zustandsänderung wieder, bei der die polaren Gruppen des Moleküls noch in geordneten Strukturen organisiert sind, während die Fettsäureseitenketten eine größere Beweglichkeit erhalten. Bei Zusatz von Wasser fällt die Schmelztemperatur dieses Phospholipids auf 50°C ab. Das bedeutet, daß oberhalb dieser Temperatur bei Vorliegen einer Lipiddoppelschicht der hydrophobe, durch die Fettsäureseitenketten gebildete Innenteil der Lipiddoppelschicht, eine größere Fluidität erhält als die hydrophilen (polaren) Kopfgruppen. Da der Temperaturbereich, in dem der Phasenübergang erfolgt, nicht nur durch Wasser, sondern auch durch Ionen wie Natrium, Kalium, und Calcium, durch Cholesterin und vermutlich auch durch Membranproteine verändert werden kann, ist zu vermuten, daß metabolisch induzierte Fluiditätsänderungen in Membranen eine wichtige biologische Rolle spielen (CHAPMAN 1975).

Ketonkörper

Ketonkörper sind Metabolite des Fettsäurestoffwechsels und werden in der Leber synthetisiert (PHILLIPS und HIRD 1977). Zu den Ketonkörpern gehören das *Aceton*, die *Acetessigsäure* und das *β-Hydroxybutyrat* (β-HBA). Ein deutlicher Anstieg der Serumkonzentration von Ketonkörpern wird im Hungerzustand beobachtet. Bei Nahrungskarenz werden

zunächst die hepatischen Glycogenspeicher verbraucht. Danach ist der Organismus gezwungen, die in Form der Fettgewebs-Triacylglycerine gespeicherten Energievorräte (Depotfette) zur Deckung des Energiebedarfs zu mobilisieren. Hierbei werden durch Lipolyse große Mengen an Fettsäuren freigesetzt und vom Depotfett an den Ort ihrer Oxidation transportiert. Diese können jedoch nicht die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Die aus Fettsäuren synthetisierten hydrophilen Ketonkörper hingegen können unabhängig von Lipoproteinen in das ZNS transportiert und dort als Energiequelle genutzt werden (McGARRY und FOSTER 1980).

Die Reutilisierung der Ketonkörper findet vor allem in der Muskulatur statt. Im Gegensatz zu Acetacetat und β -Hydroxybutyrat (Verhältnis 3:1), die in extrahepatischen Geweben metabolisiert werden können, stellt Aceton ein Endprodukt des Ketonkörperstoffwechsels dar, das größtenteils über die Lunge abgeatmet wird (ARGILES 1986).

Die Bestimmung der Ketonkörper, bzw. von β -HBA erfolgt enzymatisch durch Katalyse (β -Hydroxybutyratdehydrogenase) der β -Hydroxybutyrat–Acetacetat-Reaktion. Je nach Testkit zeigt eine Farbreaktion die Konzentration des entstehenden *Nikotinsäureamid-adenin-dinukleotids* (NADH) an.

Vitamin E (Tocopherol)

Vitamin E ist die Sammelbezeichnung für eine in der Natur vorkommenden Gruppe von Substanzen, die aus einem *Chromanring* und einer *isoprenoiden* Seitenkette bestehen. Tocopherole werden ausschließlich im Pflanzenreich synthetisiert. Als lipophile Verbindungen werden sie vom tierischen Organismus mit den Nahrungslipiden resorbiert. Die höchsten Vitamin-E-Konzentrationen befinden sich im Fettgewebe, in der Leber sowie in zellulären Membranen. Im Plasma wird das Vitamin E an Chylomikronen und an VLDL-Lipoproteine gebunden transportiert (KAYDEN und TRABER 1993).

Eine wesentliche Funktion des Vitamin E besteht darin, die ungesättigten Fettsäuren in den Phospholipiden der Zellmembranen, die leicht durch Sauerstoff- und Hydroxylradikale oxidiert bzw. peroxidiert werden können, zu schützen. Die Bestimmung von Vitamin E erfolgt durch fluorimetrische Detektion in der *High Performance Liquid Chromatographie* (HPLC) (LEHMANN und MARTIN 1982).

¹ β -Hydroxy- β -methyl-glutaryl CoA Zyklus, mitochondrialer Reaktionsweg der Ketonkörpersynthese

Lipoproteine

Lipoproteine spielen im Lipidstoffwechsel eine zentrale Rolle. Aufgrund ihrer hydrophoben Eigenschaften können Plasmalipide im Blut nicht in physikalisch gelöster Form zirkulieren. Dies wird erst durch die Ausbildung von Lipid-Protein-Makromolekülen, den sogenannten Lipoproteinen möglich. Lipoproteine sind micellär aufgebaut (FREDRICKSON *et al.* 1967). Sie besitzen einen hydrophoben Kern bestehend aus Triacylglycerinen (TAG) und Cholesterinestern (CE), der von einer hydrophilen Hülle aus Proteinen (Apolipoproteinen), Phospholipiden (PL) und Cholesterin umgeben ist. Die verschiedenen Klassen der Lipoproteine unterscheiden sich in der quantitativen Zusammensetzung ihrer Bestandteile. Hieraus ergeben sich die biologischen und physikochemischen Charakteristika, die die Grundlage der Klassifikation bilden. Die beiden gebräuchlichsten Nomenklaturen beruhen auf einer Trennung der Lipoproteine aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften (HOFFMANN-OSTENHOF 1978):

1. Die Fraktionierung der Lipoproteine nach ihrem spezifischen Gewicht erfolgt durch *Ultrazentrifugation* (HAVEL *et al.* 1955, CHAPMAN *et al.* 1981). Danach werden *Chylomikronen* ($d < 0,95$ g/ml), *very-low-density Lipoproteine* (VLDL, $d < 1,006$ g/ml), *low-density Lipoproteine* (LDL, $d < 1,063$ g/ml) und *high-density Lipoproteine* (HDL, $d < 1,21$ g/ml) unterschieden.
2. In der *Lipoproteinelektrophorese* (CREMER *et al.* 1985) werden die Lipoproteine nach ihrem Wanderungsverhalten im elektrischen Feld in α -, *prä- β* -, und β -Lipoproteine unterschieden. Chylomikronen zeigen keine Mobilität und verbleiben an der Auftragsstelle.
3. Ein weiteres Unterscheidungskriterium bietet der Apolipoproteinanteil. Ihm kommt eine besondere Bedeutung zu, da er für die rezeptorabhängige zelluläre Aufnahme des Lipoproteins verantwortlich ist und damit dessen weitere Metabolisierung im Organismus wesentlich beeinflusst (MAHLEY und INNERARITY 1983). Apolipoproteine werden in der Leber (ApoA, ApoB-100, ApoC, Apo E) und in der Darmmukosa (ApoA, ApoB-48) synthetisiert (HAVEL 1989).

Apolipoproteine

Apolipoproteine werden in alphabetischer Ordnung in Proteinfamilien eingeteilt, wobei eine römische Ziffer weitere Untergruppen darstellt. Wie beschrieben, sind die Apolipo-

proteine für den Stoffwechsel der Lipoproteine von entscheidender Bedeutung, indem sie drei Funktionen erfüllen (MAHLEY und INNERARITY 1989): 1. Strukturfunktion für die Stabilität des entsprechenden Lipoproteinpartikels (z.B. ApoB und LDL); 2. Kofaktorenfunktion zur Aktivierung entsprechender Enzyme (z.B. ApoC-2 und Lipase) und 3. Rezeptorbindungsfunktionen (z.B. ApoB-100 und LDL-Rezeptor).

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der Lipoproteinklassen beim Menschen

Tab. 1 Übersicht der Lipoproteine beim Menschen

	Chylomikronen	VLDL	LDL	HDL
Dichte [g/ml]	= 0,95	0,95 - 1,006	1,019 - 1,063	1,063 - 1,21
Partikelgröße [nm]	> 200	30 - 200	10 - 30	< 10
Apolipoproteine	ApoCI-III ApoB ApoA-I ApoA-IV	ApoB ApoE	ApoB	ApoA-I ApoA-II
Elektrophorese	Chylomikronen	Prä-beta-LP	Beta-LP	Alpha-LP
Proteingehalt [%]	1 - 2	8 - 10	25	50
Zusammensetzung [%]				
Gesamtcholesterin	6	8 - 13	45	20
Triacylglycerine	86 - 95	45 - 65	4 - 8	2 - 7
Phospholipide	2 - 7	15 - 20	18 - 24	26 - 32
Kohlenhydrate	< 1	1 - 2	> 2	< 1
Protein/Lipid	1 : 100	1 : 9	1 : 4	1 : 1

Nach AUFENANGER und KATTERMANN in: GREILING/GRESSNER Lehrbuch der Klinischen Chemie und Pathobiochemie, Schattauer, 3. Auflage. S. 324

Lipid- und Lipoproteinstoffwechsel

Die Nahrungsfette werden intestinal unter Einwirkung der Pankreaslipase zu Monoacylglycerinen (MAG) zerlegt. Aufgrund ihrer amphiphilen Eigenschaften und unter Beteiligung von Gallensäuren können MAG Micellen ausbilden. Diese Micellen nehmen weitere Lipide, wie z.B. Fettsäuren und Cholesterin, aber auch fettlösliche Vitamine auf und ermöglichen deren Resorption aus dem Darmlumen. In den Darmepithelzellen werden MAG und DAG zu TAG resynthetisiert und mit Cholesterin, Phospholipiden und Apoproteinen zu Chylomikronen zusammengesetzt. Dies sind große (>200 nm) triacylglycerinreiche (80 - 95%) Partikel mit geringem Proteinanteil (0,5 - 2,5%).

Die Chylomikronen werden von der Darmmukosa in die Lymphe abgegeben und gelangen über den Ductus thoracicus in die Blutbahn (FREDRICKSON *et al.* 1967). Dort werden sie mit von HDL stammenden Apolipoproteinen ApoC und ApoE angereichert (HAVEL *et al.* 1973). Im Blutplasma erfolgt dann unter Einwirkung der endothelständigen Lipoproteinlipase die hydrolytische Spaltung von Chylomikronen und der enthaltenen TAG und führt zu relativ TAG-armen Lipoproteinen, den sog. *Chylomikronen-Remnants* (MAHLEY und INNERARITY 1983). Bei diesem Prozeß verlieren die Chylomikronen bis zu 90% der ursprünglichen TAG. Die abgespaltenen freien Fettsäuren stehen den Körperzellen (Muskel, Fettgewebe) als Energieträger oder -speicher zur Verfügung. Gleichzeitig werden überschüssige Phospholipide und Apolipoproteine von der Hülle der sich verkleinernden Partikel auf neu entstehende HDL, sog. *nascent HDL* abgegeben (HAVEL 1989). Die entstandenen Chylomikronen-Remnants sind reich an ApoE und werden von der Leber mit hoher Geschwindigkeit über einen rezeptorvermittelten Prozeß aus dem Plasma eliminiert (KRIEGER und HERTZ 1994).

Nach der Resorption der Lipide erfolgt in der Leber die Synthese der TAG-reichen VLDL-Partikel und deren Sekretion in das Blutplasma. VLDL bestehen zu etwa 80% aus TAG, der Cholesterin-Anteil beträgt 10%. Die TAG werden durch die endothelständige Lipoprotein-Lipase in freie Fettsäuren gespalten, die den Zellen des Organismus zur Energiegewinnung dienen oder in Fettzellen (Adipozyten) zu TAG rückverestert und als subcutanes Fettgewebe gespeichert werden. Durch den Verlust an TAG aus den VLDL entstehen kleinere, cholesterinreiche Partikel höherer Dichte, sog. *VLDL-Remnants* oder *Intermediate-density-lipoproteins* (IDL; $d = 1,006 - 1,019 \text{ g/ml}$), die von der Leber aufgenommen werden. Nicht aufgenommene VLDL-Remnants oder IDL werden im Plasma zu LDL ($d = 1,019 \text{ g/ml}$) abgebaut (EISENBERG *et al.* 1973). LDL sind TAG-arme, aber cholesterinreiche Partikel, die etwa 80% des zirkulierenden Plasmacholesterins transportieren. Sie entstehen größtenteils aus VLDL (SHEPHERD und PACKARD 1989) und ent-

halten als Proteinkomponente Apolipoprotein B-100. Im Vergleich zu VLDL-Remnants (IDL) werden LDL relativ langsam aus dem Kreislauf entfernt (HAVEL *et al.* 1973). Die Elimination der LDL aus dem Blutplasma erfolgt prinzipiell auf zwei verschiedenen Wegen: Etwa 70% werden über spezifische LDL-Rezeptoren aus dem Plasma entfernt, die Aufnahme des verbleibenden Rests erfolgt über einen unspezifischen *Scavenger-Weg* (GOLDSTEIN und BRAUN 1977). Im Gegensatz zum Scavenger-Weg wird die LDL-Rezeptor abhängige Aufnahme durch die intrazelluläre Cholesterinkonzentration reguliert. LDL werden durch spezifische, rezeptorvermittelte Endozytose aufgenommen. Die Endozytosevesikel verschmelzen mit Endosomen, wo sich die Rezeptoren wieder von ihren Liganden ablösen und an die Zelloberfläche zurücktransportiert werden. Die LDL werden hingegen zu Lysosomen transportiert und hier abgebaut. Das Apolipoprotein wird in Aminosäuren gespalten, Cholesterinester durch saure Lipase hydrolysiert und Cholesterin intrazellulär freigesetzt. Intrazelluläres Cholesterin dient der Synthese von Zellmembranen und hemmt über einen Rückkopplungsprozeß die endogene Cholesterinsynthese (Suppression der ¹HMG-CoA Reduktase-Aktivität) und die LDL-Rezeptor Expression. Darüber hinaus kommt es zu einer Aktivitätssteigerung des cholesterin-veresternden Enzyms Cholesterin-Acyltransferase. Überschüssiges Cholesterin wird in Form von Cholesterinester-Tröpfchen im Zytoplasma gespeichert (BROWN und GOLDSTEIN 1986). Über den sog. *reversen Cholesterin-Transport* gelangt freies Cholesterin aus den Zellen. Hierbei bindet Cholesterin an Plasmabestandteile und kann von dort auf andere Gewebe transferiert werden. Innerhalb des reversen Cholesterintransportsystems spielen High Density Lipoproteine (HDL) eine zentrale Rolle (EISENBERG 1984). HDL lassen sich nach ihrem spezifischen Gewicht in 2 Subfraktionen, in HDL₂ (d=1,063 - 1,12 g/ml) und HDL₃ (d=1,12 - 1,21 g/ml) unterteilen. HDL werden von der Leber in Form unreifer Phospholipid-Apoprotein A-I Komplexe, sog. *nascent HDL* sezerniert (HAMILTON *et al.* 1976). Diese HDL-Vorläufer nehmen freies Cholesterin von Zellmembranen und anderen Lipoproteinen auf. Das Plasma-Enzym *Lecithin-Cholesterin-Acyltransferase* (LCAT) verestert freies Cholesterin zu Cholesterinestern. Die Cholesterinaufnahme führt zur Bildung von HDL₃, die einen mit Cholesterinestern gefüllten Kern und einen gegenüber ihren unreifen Vorstufen verhältnismäßig geringen Phospholipidanteil besitzen. HDL₃ akkumulieren weiterhin freies Cholesterin, das aus Zellmembranen und aus der Hydrolyse von Chylomikronen und VLDL stammt und durch LCAT verestert wird. Dadurch nimmt die Dichte der HDL ab, und es entstehen die leichteren HDL₂ (EISENBERG 1984). Obwohl die hepatische Aufnahme von HDL in einer Vielzahl von Untersuchungen *in vitro* und *in vivo* nachgewiesen wurde, konnte ein spezifischer HDL-Rezeptor bisher nur beim Hamster und bei der Maus als *Scavenger-Receptor Klasse B, Typ I* (SR-BI) identifiziert und diskutiert werden (ACTON *et al.* 1996, STEINBERG 1996).

¹ β-Hydroxy-β-methylglutaryl-CoA-Reduktase, beteiligt an Cholesterinsynthese

Fettstoffwechsel bei antarktischen Robben

Untersuchungen zum Fettstoffwechsel antarktischer Robben werden meist im Zusammenhang mit dem Energiehaushalt während der Fortpflanzungsperiode, des Tauchens und der Fastenzeiten betrachtet, um Erkenntnisse über die Physiologie der Robben und über Stoff- und Energieflüsse im polaren Lebensraum zu gewinnen (BRYDEN 1968, BONNER 1984). Hierzu wurden die ersten Untersuchungen am Südlichen See-Elefanten von LAWS (1953) durchgeführt.

Ein Charakteristikum antarktischer Robben und Gegenstand zahlreicher Untersuchungen ist die subcutane Fettschicht (Blubber), die sowohl bei der Thermoregulation als auch im Energiehaushalt eine zentrale Rolle spielt (BRYDEN 1964). Der Fettspeicher adulter und juveniler See-Elefanten wurde vielfach morphometrisch (Körpermaße, Ultraschall, Photometrie) während der Fastenzeiten untersucht (LAWS 1960, SLIP *et al.* 1992, ARNBOM *et al.* 1993, BELL *et al.* 1997). Bei laktierenden Muttertieren wurde ein täglicher Gewichtsverlust von durchschnittlich 10,56 kg registriert, was den Ultraschallergebnissen zufolge vorwiegend zu Lasten der subcutanen Fettdepots geht. Bei Jungtieren (Pups) wurde hingegen eine tägliche Gewichtszunahme von 5,27 kg festgestellt (CARLINI *et al.* 1997).

Über den Fettstoffwechsel freilebender antarktischer Robben ist auf biochemischer Ebene bisher wenig bekannt. SCHUMACHER *et al.* (1992) und CASTELLINI *et al.* (1987) untersuchten die Fettsäuren und die Synthese von Ketonkörpern (β -Hydroxybutyrat) beim Nördlichen See-Elefanten (*Mirounga angustirostris*). Vergleichende Untersuchungen der Apolipoproteine führten DAVIS *et al.* (1991) beim Seehund (*Phoca vitulina*), beim Seelöwen (*Zalophus californianus*) und beim Walross (*Odobenus rosmarus*) durch.

Untersuchungen der Lipoproteine wurden bisher überwiegend an gefangenen Robben (Seelöwen, Seehunden, Walrosse und Nördlichen See-Elefanten) und an Delphinen durchgeführt (PUPPIONE und NICHOLS 1970, PUPPIONE 1978, MARGNI *et al.* 1972). In vergleichenden Untersuchungen der Gattungen *Zalophus*, *Mirounga* und *Phoca* (CHAPMAN 1980, CALVERT 1977) konnte übereinstimmend eine prinzipielle HDL-/LDL-Dominanz festgestellt werden.

SCHACKY (1987) und DYERBERG *et al.* (1978) führten vergleichende Untersuchungen des Fettstoffwechsels an Fischen, Robben sowie bei den Eskimos durch, um die wachsende Bedeutung der mehrfach ungesättigten Fettsäuren (Omega-3-Fettsäuren) für die menschliche Ernährung zu belegen.

Methoden zur Untersuchung des Fettstoffwechsels

Beim Menschen erfolgt die Untersuchung des Fettstoffwechsels meist aufgrund einer medizinischen Indikation oder als präventive Maßnahme, z.B. im Rahmen von Gesundheitskontrollen oder epidemiologischen Studien (SEIDEL 1993). Untersuchungen des Fettstoffwechsels beim Tier hingegen werden, je nach Tierart, oft zum Zwecke medizinischer oder biologischer Grundlagenforschung durchgeführt. Vergleichsstudien haben in den letzten 15 Jahren deutlich zugenommen, wobei zunehmend molekularbiologische Fragen verfolgt werden (HAMILTON *et al.* 1976, MAHLEY 1983). Untersuchungen an Zoo- und Wildtieren hingegen sollen Aufschluß über die Anpassungsmechanismen an den natürlichen Lebensraum geben, aber auch angewandte Fragen z.B. der Zuchtmöglichkeit in Gehegen beantworten (OCHS 1990).

Entscheidend für eine valide Lipidanalytik bei Mensch und Tier ist die adäquate Probengewinnung. Die Meßergebnisse sind abhängig von der körperlichen Verfassung (z.B. Narkosestadium beim Tier), der Methode der Venenpunktion, der Probenlagerung und -aufbereitung sowie von der Analysemethode selbst (BACHORIK 1982).

Cholesterin und Triacylglycerine

Die Kenntnis der Cholesterin- und Triacylglycerin-Spiegel ist die Basis der Lipid-diagnostik (CREMER 1990). Für deren Bestimmung stehen gut etablierte, kommerziell erhältliche, enzymatische Tests zur Verfügung. Für die Cholesterinmessung wird am häufigsten die *Peroxidase-Methode* (CHOD-PAP) verwendet. Die Triacylglycerinmessung erfolgt ebenfalls mit enzymatischen Verfahren (GPO-PAP).

Ultrazentrifugation

Da es sich bei den Blutfetten um eine heterogene Mischung unterschiedlichster Partikel handelt, ist neben dem Cholesterin- und Triacylglycerinspiegel die Kenntnis der Lipoproteine von Bedeutung. Die Terminologie *VLDL*, *LDL* und *HDL* basiert auf der Trennung der Lipoproteinpartikel im Schwerfeld der *Ultrazentrifugation*. Hierbei handelt es sich um das zeitaufwendigste Verfahren in der Lipidanalytik. Das Plasma wird dabei in Salzlösungen (KBr/NaCl) spezifischer Dichte aufgenommen und über mehrere Stunden mit Drehzahlen von 40.000 bis 95.000 U/min. ultrazentrifugiert. Bei schrittweiser Erhöhung des Dichtegradienten flotieren Lipoproteine geringerer Dichte jeweils im Überstand. Die

mittels dieser Methodik aufgetrennten Fraktionen können zu einem späteren Zeitpunkt analysiert werden. Die weitere Analytik der Lipoproteine setzt jedoch voraus, daß die Ultrazentrifugation an frischem Probenmaterial (Plasma/Serum) durchgeführt wird. Lagerung oder Gefrierung des Probenmaterials führt zu einer fortschreitenden Deintegration der Lipoproteinpartikel (CHAPMAN *et al.* 1981, CREMER 1990, HAVEL *et al.* 1955).

Lipoproteinelektrophorese

Die Auftrennung und Quantifizierung der Lipoproteine auf elektrochemischer Basis erfolgt durch die *Lipidelektrophorese* (NOBLE 1968). Hierzu wird eine Plasmaprobe auf einen Gelträger aufgetragen und ein elektrisches Feld angelegt. Die großen triacylglycerinreichen Chylomikronen verbleiben am Auftragsort. Die HDL-Fraktion bewegt sich aufgrund ihrer geringen Größe und ihrer hohen Ladung am weitesten im elektrischen Feld und wird als α -Lipoprotein bezeichnet. Das VLDL wandert als *Prä- β -Lipoprotein* geringfügig schneller als das LDL, welches bei der Lipidelektrophorese dem β -Lipoprotein entspricht (s. Tab. 1, S. 15). Nach erfolgter elektrophoretischer Auftrennung werden die Lipoproteinfraktionen in der Gelmatrix präzipitiert und angefärbt.

Bei Kenntnis des Plasmacholesterinspiegels können durch Berechnung der densitometrisch erfaßten Flächenintegrale die VLDL-, LDL- und HDL-Cholesterinwerte ermittelt werden. Dieses erweiterte Verfahren wird als *quantitative Lipoproteinelektrophorese* bezeichnet (AUFENANGER *et al.* 1988, CREMER *et al.* 1985).

FPLC

Mit Hilfe der *Fast Protein Liquid Chromatography* (FPLC) werden Lipoproteine aus dem Plasma über eine Gelmatrix chromatographisch nach Molekülgröße getrennt (Gel-filtration) und fraktioniert gesammelt. Hierbei entstehen je Blutprobe 30-40 Fraktionen, die jeweils auf Cholesterin, Triacylglycerine, Phospholipide usw. analysiert werden können (LINTON *et al.* 1995, SHEEHAN 1996).

Apolipoproteine

Zur Bestimmung der Apolipoproteine stehen eine Reihe immunologischer Verfahren zur Verfügung, die je nach Anzahl der Proben und Konzentration der entsprechenden Apolipoproteine eingesetzt werden können. Für die Routinebestimmung größerer Mengen von ApoA-I (in Chylomikronen, HDL) und ApoB (in Chylomikronen, VLDL, LDL) eignen sich automatisierbare turbidimetrische Verfahren (ITA und INA). Bei geringerer

Probenzahl kommen Elektroimmundiffusion (EID), radiale Immundiffusion (RID) oder Radioimmuno-assay (RIA) zur Anwendung (ALAUPOVIC 1971, HACKLER *et al.* 1994).

Elektronenmikroskopie

Neben den bisher genannten Nachweisverfahren können Lipoproteine mittels *Elektronenmikroskopie* direkt dargestellt werden (AUFENANGER 1988, WELSCH *et al.* 1997, pers. Mitt.). Dieses Verfahren wird jedoch aufgrund seines hohen präparativen Aufwands nur in Ausnahmefällen eingesetzt, um vergleichende Untersuchungen bei bislang nicht untersuchten Spezies durchzuführen.

HPLC

Mit Hilfe der *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) können Stoffgemische getrennt werden, die Analyte enthalten, welche nicht zersetzungsfrei in einen Gaszustand überführt werden können und sich hierdurch der Gaschromatographie entziehen. Werden sie jedoch in einer Flüssigkeit (Eluent, mobile Phase) gelöst, können sie mit den festen Partikeln (stationäre Phase) einer Trennsäule in Wechselwirkung treten und detektiert werden. (ENGELHARDT 1977). In der Lipidanalytik dient die HPLC unter anderem der *Vitamin E*- Bestimmung (LEHMANN und MARTIN 1982).

Die Narkose von See-Elefanten

In vielen Fällen setzen Untersuchungen an Robben eine medikamentöse Immobilisierung voraus, die insbesondere bei invasiven Maßnahmen neben der Schmerzausschaltung (§5(1) TierSchG) eine Sedierung erzielen soll. Invasive Untersuchungen an adulten See-Elefanten, einschließlich Blutentnahmen, sind aus praktischen Gründen nur am immobilisierten Tier möglich. Grundsätzlich stehen bei der Narkotisierung von Robben zwei Verfahren zur Verfügung: Die Injektions- und die Inhalationsnarkose. Die Wahl der Methode wird jedoch häufig durch äußere Umstände bestimmt. Eine Inhalationsnarkose gilt zwar als sichere Methode (GALES 1989), ist jedoch mit einem erheblichen apparativen Aufwand verbunden. Die Injektionsnarkose ist im Feld wesentlich einfacher durchzuführen, jedoch ist der Narkoseverlauf schwerer kontrollierbar. Unter Freilandbedingungen besteht das Problem vor allem darin, ohne genaue Kenntnis des Körpergewichts und der Konstitution des Versuchstieres die adäquate Dosierung zu ermitteln. Deshalb stellt bei der Auswahl des Narkotikums die sogenannte *therapeutische Breite* des Präparates ein wichtiges Kriterium dar. Die Gefahr von Komplikationen (Asphyxie, Kreislaufinsuffizienz)

kann hierdurch reduziert werden. Vergleichende Angaben über die Narkose von Robben wurden in mehreren Arbeiten zusammengefaßt (KOBBERG 1985, CLINE *et al.* 1969, GALES 1989). Angaben über die Narkose des Südlichen See-Elefanten sind zahlreicher vorhanden (GALES und BURTON 1987, BESTER 1987, WOODS *et al.* 1994, BAKER *et al.* 1990). Insgesamt hat sich bei Robben die Injektionsnarkose durchgesetzt. Für die Narkotisierung von Südlichen See-Elefanten wird hauptsächlich das Ketamin verwendet, das einzeln oder in Kombination mit Xylazin oder Diazepam angewendet wird (GERACI 1973, RYDING 1982, BAKER *et al.* 1988, GALES und BURTON 1987). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Präparate und Dosierungen.

Tab 2: Dosierungen von Ketamin, Xylazin und Diazepam für Südliche See-Elefanten

Präparat	Dosierung [mg/kg KGW ¹]	Autor
Ketamin (+ Diazepam)	8,71 ± 0,25 [SE] ²	Gales & Burton, 1987
Ketamin	5,45 ± 1,35 [SE] 3,6 – 6,4	Baker et al., 1988 Bester, 1987
Xylazin	0,41 ± 0,01 [SE] 0,25 – 1,15	Gales & Burton, 1987 Woods et al., 1989
Diazepam	0,09 ± 0,01 [SE] 0,05 – 0,12	Gales & Burton, 1987 Woods et al., 1994

¹KGW: Körpergewicht

²Standardfehler

Die Applikation eines Arzneimittels bei Zoo- und Wildtieren ist meist nur über eine gewisse Distanz möglich. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Teleinjektionssysteme für die verschiedenen Einsatzbereiche entwickelt und beschrieben (HATLAPA und WIESNER 1982, GÖLTENBOTH 1995). Der Fachhandel bietet für die Applikation von Arzneimitteln eine Reihe von Geräten an, die sich in Ausstattung und Reichweite deutlich voneinander unterscheiden und damit je nach Situation und Tierart ausgewählt werden können (GÖLTENBOTH 1988).

Bei wildlebenden Robben richtet sich die Applikationsmethode nach dem Alter, der Größe und der individuellen Verfassung des Versuchstieres (BAKER *et al.* 1990). RYDING (1982) verwendete eine verlängerte Injektionsleitung, deren Kanüle manuell plziert werden mußte. Bei aggressiven oder leicht erregbaren Robben empfiehlt es sich jedoch, das Narkotikum mit Hilfe der Teleinjektion mittels eines Blasrohres (BORNEMANN und PLÖTZ 1993) oder mit einem Gasdruckgewehr (CLINE *et al.* 1969) zu applizieren.

Präparate

Ketamin¹

Bei Ketamin handelt es sich nicht um ein Narkotikum im klassischen Sinne, sondern um ein schnell wirkendes Anästhetikum mit hypnotischen Eigenschaften (dissoziative Anästhesie). Während klassische Narkotika durch Depression des ZNS mit steigender Dosierung Sedation, Hypnose, Narkose und Asphyxie bewirken, kommt es bei Ketamin durch Erregung des limbischen Systems zur Muskelstarre (Katalepsie) mit gleichzeitig erhöhtem Muskeltonus. Ketamin kann intravenös (i.v.) oder intramuskulär (i.m.) verabreicht werden. Die klinische Hauptwirkung besteht in einer schnell eintretenden starken Analgesie der Körperoberfläche, während viszerale Schmerzen nicht ausreichend unterdrückt werden können. Die Wirkung wird über die Blockade der sensiblen Erregungsleitung im *Thalamus* (Analgesie) und des *Cortex* (Hypnose) erzeugt. Die hypnotische und kataleptische Wirkung überdauert die analgetische Wirkung, sodaß die anhaltende Bewegungslosigkeit des Tieres einen scheinbar operationsfähigen Zustand vortäuschen kann. Aufgrund der Erhaltung des Schluckreflexes und der Atemregulation ist eine Intubation während der Ketamin-Immobilisation nicht notwendig, ohne Kombination mit einem Muskelrelaxans allerdings auch nicht möglich. Die pharmakologischen Effekte des Ketamins können durch die Gabe einer Kombination aus 1-Amphetamin und Yohimbin verkürzt, jedoch nicht aufgehoben werden. (BOOTH 1988a).

Trotz aufgetretener Todesfälle bei der Verwendung des Injektionsnarkotikums Ketamin (HAMMOND und ELSNER 1977, GALES und BURTON 1987) wird dieses Präparat wegen seiner großen therapeutischen Breite und zuverlässigen analgetischen Wirkung bei Robben empfohlen (GERACI 1973, PARRY *et al.* 1981). WOODS *et al.* (1989) und RYDING (1982) verwendeten Ketamin als Monopräparat, während andere Autoren das Ketamin mit dem Benzodiazepinpräparat *Diazepam* oder mit dem Narkotikum *Xylazin* kombinierten (GALES und BURTON 1987, BESTER 1987).

¹Handelsname: Ketavet®

Zusammensetzung: Ketavet 100mg/ml; 1ml enthält 2-(2-Chlorphenyl)-2-methylaminocyclohexanonhydrochlorid, entsprechend 100 mg Ketamin-Base 115,34 mg
Benzethoniumchlorid 0,10 mg

Xylazin²

Xylazin wird bei See-Elefanten nur in Kombination mit Ketamin verwendet, um die fehlende muskelrelaxierende Wirkung des Ketamins zu ergänzen (GALES und BURTON 1987). Pharmakologisch wird Xylazin als nicht narkotisierendes Analgetikum, Sedativum und Muskelrelaxans beschrieben. Im ZNS wirkt es als α_2 -Mimetikum. Die Skelettmuskelrelaxation wird durch Hemmung der intraneuronalen Impulsübertragung im ZNS vermittelt (BOOTH 1988b). Zusätzlich besitzt Xylazin eine sedierende Wirkung, die in Verbindung mit Ketamin zu Atem- und Kreislaufdepression führen kann (BOOTH 1988a). Die Wirkung des Xylazins kann durch Gabe des kompetitiven Antagonisten *Yohimbin* aufgehoben werden.

Diazepam³

Diazepam ist ein Tranquilizer aus der Gruppe der *Benzodiazepine*. Diazepam wird als Sedativum und Hypnotikum in der Kombination mit Ketamin oder zur Prämedikation eingesetzt. Darüber hinaus besitzt es eine muskelrelaxierende und eine antikonvulsive Wirkung, die in der Human- und Veterinärmedizin zur Behandlung der Epilepsie ausgenutzt werden kann. Die Wirkung wird über Interaktion mit dem inhibitorischen Neurotransmitter γ -Aminobuttersäure (GABA) vermittelt (BOOTH 1988c). Eine analgetische Wirkung hat Diazepam nicht.

In Kombination mit Ketamin registrierten GALES und BURTON (1987) und WOODS *et al.* (1994) bei See-Elefanten anhaltende Apnoephasen und verminderte Reflexe. Durch die galenische Zubereitung des Diazepams in Form einer alkoholischen Lösung kann es mit anderen Präparaten nicht in einer Mischspritze appliziert werden.

²Handelsname: Rompun®

Zusammensetzung: 1 Flasche enthält 583 mg Trockensubstanz, entsprechend 500 mg Xylazinbase [5,6-Dihydro-2-(2,6-xylidino)-4H-1,3-thiazin hydrochlorid]

³Handelsname: Diazepam-ratiopharm® 10; [7-Chlor-1,3-dihydro-1-methyl-5-phenyl-2H-1,4-benzodiazepin 2-on]

Zusammensetzung: 1 Ampulle mit 2 ml Injektionslösung enthält

Diazepam	10 mg
Benzylalkohol	30 mg
Benzoessäure	2 mg
Natriumbenzoat	98 mg

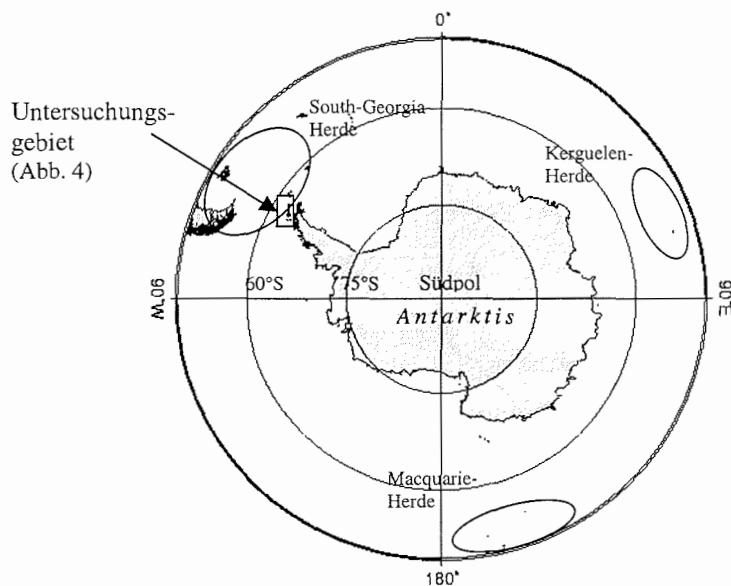
Material und Methoden

Allgemeine Methoden

Ort und Zeitraum der Untersuchungen

Die Freilanduntersuchungen am Südlichen See-Elefanten fanden während zwei Expeditionen in der Zeit vom 10. Oktober 1995 bis zum 14. Februar 1996 und vom 14. September 1996 bis zum 6. März 1997 auf King George Island in der Antarktis statt. Das Alfred-Wegener-Institut (AWI) betreibt dort zusammen mit dem Instituto Antartico Argentino (IAA) das im Bereich der argentinischen Station *Jubany* errichtete *Dallmann-Labor* (62°14'S, 58°40'W). Die Station liegt auf der *Potter Peninsula*, einer Halbinsel, die im Norden durch die *Potter Cove*, im Westen durch die *Maxwell Bay*, im Süden durch die *Bransfield Strait* und im Osten durch den *Nunatak-Gletscher* begrenzt wird. Unmittelbar an das Stationsgelände angrenzend liegt das Schutzgebiet SSSI Nr 13. (*Site of Special Scientific Interest*). Die SSSI-Schutzgebiete wurden von der Konsultativtagung der Staaten des Antarktisvertrages ausgewiesen und erlauben das Betreten ausschließlich zu wissenschaftlichen Zwecken.

Abb. 3 Geografische Lage der Verbreitungsgebiete des Südlichen See-Elefanten und des Untersuchungsgebietes



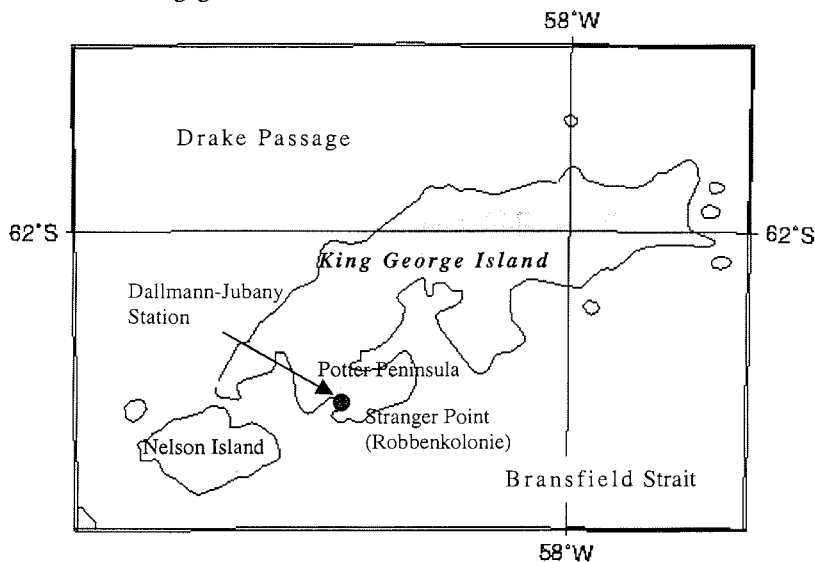
Sieben Kilometer südöstlich der Station befindet sich *Stranger Point*, der Küstenabschnitt, an dem die See-Elefanten die Fortpflanzungs- und Häutungsperiode verbringen. Aufgrund des Schutzgebietes (SSSI) und der Unwegsamkeit des Geländes wurden die 7 km zu Fuß zurückgelegt. Eine kleine, bei Stranger Point errichtete Hütte, diente als Wetter- und Lagermöglichkeit für sperrige Gegenstände der Feldausrüstung.

Die Logistik der Station und die Anreise wird ab Buenos Aires vom argentinischen Militär, der Dirección Nacional del Antártico (DNA) mit dem Eisbrecher ALMIRANTE IRIZAR oder mit Transport-Flugzeugen (Hercules, Twinotter) durchgeführt. Die Logistik wird außerdem durch Versorgungsfahrten des deutschen Forschungseisbrechers POLARSTERN (AWI) unterstützt.

Die Laboruntersuchungen wurden durchgeführt:

1. Im Stationslabor der Dallmann-Jubany Station (AWI/IAA) während der Felduntersuchungen.
2. Vom 15. April 1996 bis zum 5. Juni 1996 und vom 20. Mai 1997 bis zum 15. Juni 1997 am Institut für Klinische Chemie des Klinikums Großhadern der Ludwig-Maximilians-Universität, München.
3. Im Dezember 1997 am Lehrstuhl II der Anatomischen Anstalt der Ludwig-Maximilians-Universität, München.

Abb. 4 Das Untersuchungsgebiet



Planung der Probennahme

Die Probengewinnung wurde nach folgendem Zeitplan (vergl. Abb. 1, S. 9) durchgeführt:

Tab. 3 Probenplan

Altersgruppe	Untersuchungszeitraum	geplante Proben-Anzahl je Profil	geplante Probentermine
Muttertiere	Laktation (22-24 Tage)	6	1., 4., 9., 14., 19., 22. Tag postpartum
Jungtiere (<i>Pups</i>)	Säugezeit (22-24 Tage)	6	1., 4., 9., 14., 19., 22. Tag postpartum
Jungtiere, abgesetzt (<i>Weanlings</i>)	Weaning-Periode (35-45 Tage)	5	1., 8., 15., 22., 29. Tag nach Absetzen
Adulte, in Häutung (<i>Moulting</i>)	Moulting-Periode (20-30 Tage)	4	1., 8., 15., 22. Tag der Häutung

Handhabung und Markierung der See-Elefanten

Die Handhabung der See-Elefanten wurde durch deren natürliches Verhalten während der Fortpflanzungs- und der späteren Häutungsperiode beeinflusst. Insbesondere während der Laktationszeit befanden sich die Muttertiere und der Haremsbulle (Beachmaster) in einem extrem nervösen Zustand. Die Annäherung an einen Fortpflanzungsharem oder an ein einzelnes Versuchstier mußte deshalb so vorsichtig wie möglich erfolgen. Die Sicherheit des Untersuchers (Vermeidung von Bißverletzungen) war hierbei ebenso zu bedenken wie der schonende Umgang mit dem Versuchstier⁷.

⁷Gesetzesgrundlagen (auszugsweise):

Tierschutzgesetz vom 25.5.1998: §§ 1, 5, 7

Gesetz zu dem Übereinkommen vom 1. Juni 1972 zur Erhaltung der antarktischen Robben, Art. 1, 4 vom 27. Januar 1987 (BGBl. II 1987 S. 90)

Gesetz zur Ausführung des Umweltschutzprotokolls zum Antarktisvertrag vom 22. September 1994 §§ 3(4), 6, 17

Die Wägung und die Entnahme von Blutproben von adulten Robben wurde am narkotisierten Tier durchgeführt. Die Handhabung der Jungtiere während der Laktations- und Weanlingphase war ohne Narkose möglich.

Um wiederholte Probennahmen zu ermöglichen, wurden die Robben während der Narkose mit wasserfester Farbe auf dem Rücken markiert.

Narkotisierung

Die zu narkotisierenden adulten Robben wurden in 2 Gruppen eingeteilt:

1) Laktierende Muttertiere:

Die Applikationsmethode richtete sich nach der Position des Tieres innerhalb des Harems und der Nähe anderer Muttertiere und des Beachmasters.

- a) War das Tier ohne Gefahr erreichbar, wurde die Injektionslösung über ein Injektionssystem von 2 m Länge mit Spritze (30ml) appliziert, nachdem die Kanüle (100mm Länge, 2mm \varnothing) in die dorsomediale Lendenregion eingestochen wurde (RYDING 1982).
- b) War durch die Nähe anderer Robben (2-3m) nicht ausreichend Zeit für die Bedienung der Spritze vorhanden, wurde eine selbstentladende Narkosespritze (Telinjekt[®]) manuell in der Lendenregion plaziert. Hierdurch war ein rasches Entfernen vom Tier möglich.
- c) War die Robbe durch umgebende Tiere nicht erreichbar, wurde die Narkosespritze mit einem Luftdruckgerät (Telinjekt[®]) verschossen (GÖLTENBOTH 1988).

2) Adulte See-Elefanten in der Häutungsperiode (Moulting):

Die See-Elefanten waren während der Häutungsphase in einem weniger erregbaren Zustand als in der Laktationsperiode, sodaß die Tiere meist entsprechend der Methode 1b) immobilisiert wurden.

Präparate

Bei laktierenden Kühen wurde Ketamin (100 mg/ml) als Monopräparat verwendet. Bis zur Befüllung der Spritze wurden die Arzneimittelampullen und das Injektionsbesteck zum Schutz vor Gefrieren am Körper getragen, obwohl Testversuche die Stabilität des Ketamins

nach Gefrieren bestätigen (BORNEMANN 1994). Nach Auswahl des Versuchstieres wurde dessen Körpergewicht geschätzt (LING und BRYDEN 1981) und die Dosierung des Ketamins nach den empfohlenen Dosierungen (WOODS *et al.* 1989, RYDING 1982) berechnet. Mit Hilfe der unter 1a -1c genannten Methoden wurde das Ketamin verabreicht.

Bei Tieren in der Häutungsphase wurde eine Kombination von Ketamin und Xylazin (Rompun[®]) verwendet. Dazu wurden 10 ml (1000 mg) Ketamin in eine Ampulle mit 500 mg Xylazin-Trockensubstanz gegeben. 1 ml der entstandenen Mischung (100 mg Ketamin/50 mg Xylazin) wurde der bei laktierenden Kühen gewählten Ketamindosis hinzugefügt.

Nach der Applikation wurde die Robbe aus einiger Entfernung (ca. 25 m) beobachtet. Die Einleitung der Narkose erfolgte in drei beobachtbaren Stadien:

1. Stadium: Verzögerte Abwehrbewegungen auf optische und mechanische Reize durch umgebende Tiere.
2. Stadium: Noch leichtes Kopfbeugen bei mechanischen Reizen.
3. Stadium: Keine Reaktion auf äußere Reize

Bei Erreichen des 3. Stadiums und während der Narkose wurde die Herztätigkeit, die Atmung, der Lid- und Corneareflex sowie die Beschaffenheit (Farbe, Feuchte) der Maulschleimhaut kontrolliert. Maßgebend für die Durchführbarkeit der Wägung und der Blutentnahme war das Erreichen des 3. Narkosestadiums bei gleichmäßiger Atmung und vorhandenen Reflexen. Für eventuelle Zwischenfälle wurde das Analeptikum Doxapram (Dopram[®]) und das Yohimbin bereitgehalten.

Das Versuchstier wurde nach Beendigung der Probennahme bis zum Wiedereintritt in das 1. Narkosestadium überwacht.

Auswahl und Anzahl der Versuchstiere

Die Auswahl der Versuchstiere während der Laktationsperiode wurde nach folgendem Schema durchgeführt: Zu Beginn der Fortpflanzungszeit (Ende September) wurde der Bereich der Robbenkolonie am Stranger Point täglich einmal nach neu erschienenen

trächtigen See-Elefantenkühen abgesucht. Diese wurden mit einer individuellen Farbmarkierung gekennzeichnet. Wurde ein markiertes Tier am folgenden Tag mit einem Jungtier vorgefunden, wurde am darauffolgenden Tag (1. Tag postpartum) mit der Probennahme begonnen. Während der ersten Probennahme wurde das jeweilige Jungtier mit der gleichen Signatur markiert wie das Muttertier. Um die Störung der Muttertiergruppen (Harems) auf ein Minimum zu reduzieren, wurden möglichst am Rande der Gruppe liegende (markierte) Tiere ausgewählt. Standen hierbei mehrere Muttertiere zur Auswahl, wurde aus Sicherheitsgründen dasjenige gewählt, welches den größten Abstand zum Beachmaster und zum nächstgelegenen Challenger aufwies (Abb. 2, S. 10).

Da die Muttertiere während der Laktation die Gruppe nicht verlassen (McCANN 1980), war nicht zu befürchten, daß die Tiere nach Applikation des Narkotikums zur See flüchten und ertrinken könnten, sodaß die Nähe zum Ufer kein Auswahlkriterium darstellte.

Die Untersuchungen an Weanlings wurden an neu ausgewählten Tieren durchgeführt, um weitere Störungen der bisher untersuchten Pups zu vermeiden. Hierzu wurden bereits während der Laktationszeit weitere 30 Pups markiert. Zu Beginn der Weaningphase konnte durch tägliches Absuchen des Untersuchungsgebietes ein neu abgesetztes Jungtier anhand seiner Markierung identifiziert werden (1. Probenahme). Je Weanling wurden 5 Probenahmen geplant.

Während der Häutungsphase wurden die Tiere nach folgenden Kriterien ausgewählt:

Nach Möglichkeit sollten Kühe untersucht werden, die bereits während der Laktationsperiode bearbeitet wurden. Entscheidend bei der Auswahl war jedoch die Anordnung der Tiere zueinander und der Abstand vom Ufer. Da See-Elefanten während der Häutung zeitweise die See aufsuchen, neigen sie nach Applikation des Narkotikums zur Flucht ins Meer, wodurch die Gefahr des Ertrinkens bestanden hätte. Einen See-Elefanten manuell an der Flucht zu hindern, wäre nicht möglich gewesen.

Bei Auswahl eines männlichen Versuchstieres in der Häutung wurden subadulte Bullen gewählt (4-6 Jahre alt), deren Gewicht von maximal 900 kg die dargestellte Narkotisierung- und Wägemethode (S. 33) noch zuließen. Diese Bullen werden im Folgenden zu den adulten Versuchstieren gerechnet.

Die maximal mögliche Anzahl der Versuchstiere wurde nach Maßgabe des zu erwartenden Zeitaufwandes je Versuchstier und der zur Verfügung stehenden personellen Kapazitäten festgelegt. Für die Narkotisierung, Wägung und Blutentnahme wurde eine

Arbeitsgruppe von 4-5 Personen und eine Bearbeitungszeit von ca. 3 Stunden je adultem Tier einkalkuliert. Da entsprechend des Untersuchungsplanes wiederholte Probennahmen je Versuchstier vorgesehen waren, mußten täglich mehrere Untersuchungen durchgeführt werden. Dabei sollte eine Anhäufung von mehr als 3 Probennahmen pro Tag vermieden werden, um den täglichen Aufenthalt im Freien auf maximal 10 Stunden zu begrenzen.

Wägung und Probengewinnung

Die Probennahme bei Muttertieren und Pups erfolgte gleichzeitig durch Aufteilung der Arbeitsgruppe. Während der Narkose des Muttertieres konnte die Probennahme beim Pup durchgeführt werden. Tabelle 4 (S. 34) gibt einen allgemeinen Überblick zur Narkose und Wägemethode. Beim adulten, narkotisierten Tier wurde zunächst die Wägung durchgeführt, um die bereits verabreichte Dosis des Ketamins und eine eventuelle Nachdosierung berechnen zu können.

Zum Wiegen wurden 6-7 Gurte unter das Versuchstier gezogen und in den Haken einer Digitalwaage (Challenger[®]) eingehängt, die über eine Drahtseilwinde mit einem dreibeinigen Wäegerüst aus Duraluminium verbunden war. Das Gewicht konnte mit einer Genauigkeit von 0,5 kg abgelesen werden.

Bis zu einem Gewicht von max. 200 kg konnten die Jungtiere mit einem Fangsack gewogen werden, der mit der Waage direkt an einer 3 m langen Duraluminiumstange eingehängt wurde. Mit 2-4 Personen konnten die Jungtiere angehoben werden.

Die Blutproben wurden bei Adulten und bei Jungtieren aus der Extraduralvene gewonnen (CLINE *et al.* 1969). Das paravertebral verlaufende Gefäß ist am Übergang zum letzten Viertel der Rückenlinie, ca. 2-3 cm lateral der Dorsalfortsätze in etwa 10cm (Adulte) bzw. 7cm (Jungtiere) Tiefe zu punktieren. Zunächst wurden die Blutproben mit einer 30 ml-Einmalspritze (Omnifix[®]) entnommen und anschließend auf drei zentrifugierfähige 10ml-Serum-Monovetten (Braun[®]) verteilt. Die Wahl der Kanüle richtete sich nach Alter und Größe der Versuchstiere:

Adulte und Jungtiere ab 120 kg:	Spezialkanüle LuerLock, Edelstahlkonus 2,0 x 100 mm (Braun [®])
Jungtiere bis 120 kg:	Spezialkanüle LuerLock, Edelstahlkonus 1,6 x 80 mm (Braun [®])

Tab. 4 Überblick zur Narkose und Wägemethode

Altersgruppe	Narkose/Applikation	Wägung
Muttertiere (Laktation)	Ketamin mono/ Methode 1a-1c	Wägegerüst
säugende Jungtiere (Pups)	keine Narkose	manuell
abgesetzte Jungtiere (Weanlings)	keine Narkose	manuell
Adulte (♂/♀) bei Häutung (Moulting)	Ketamin/Xylazin Methode 1b	Wägegerüst

Methoden im Feldlabor

Aufbereitung und Signatur des Probenmaterials

Die Serummonovetten wurden nach der Blutentnahme gekühlt, jedoch nicht gefroren, zum Stationslabor transportiert und bei 4000 U/min, 15 min, 4°C zentrifugiert (Eppendorf®). Das Serum wurde in Aliquots zu je 500 µl aufgeteilt, die entweder sofort analysiert oder für spätere Untersuchungen bei minus 28° C eingefroren wurden.

Jeder Probe wurde entsprechend der Gruppenzugehörigkeit des Tieres und der Reihenfolge eine Signatur (z.B. F103/4) zugewiesen, die während der Laboruntersuchung beibehalten wurde:

Großer Anfangsbuchstabe:	F	Female (Muttertiere während Laktation)
	P	Pup (Jungtier während Laktation)
	W	Weanling (Jungtier nach Laktation)
	M	Moulting (Adulte während der Häutung)
Dreistellige Nummer:		Identifizierungsnummer des Versuchstieres
Ziffer nach dem Schrägstrich		Reihenfolge im Probenprofil

Analysen im Feldlabor

Entsprechend der Kapazität des Feldlabors und der Empfindlichkeit der Parameter wurde die Bearbeitung des Probenmaterials in drei Abschnitte unterteilt, beziehungsweise in mehreren Laboratorien durchgeführt (S. 28).

Tabelle 5 gibt einen Überblick der im Feldlabor durchgeführten Untersuchungen.

Tab. 5 Analytik im Feldlabor

Parameter	Einheit	Material	Methode
Gesamtcholesterin	mg/dl	Serum	¹ CHOD-PAP
Triacylglycerine	mg/dl	Serum	² GPO-PAP
Lipoproteine		Serum	Ultrazentrifugation
Cholesterin in Lipoproteinen	mg/dl	Lipoproteinfraktion	CHOD-PAP

¹CHOD-PAP: Cholesterinoxidase-1.4-Para-aminophenazon

²GPO-PAP Glycero-1.4-Para-aminophenazon

Lipidanalytik

Die Bestimmung der Lipide im Plasma und in den Lipoproteinfraktionen erfolgte gemäß den Verfahren des Instituts für Klinische Chemie des Klinikums Großhadern der LMU München (THIERY 1995, pers. Mitt.) und nach Maßgabe der Deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie. Die Bestimmungen wurden mit folgenden enzymatischen Test-Kits durchgeführt:

Gesamtcholesterin: CHOD-PAP-Methode (+Esterase) (Boehringer Mannheim)

Triacylglycerine GPO-PAP-Methode (Boehringer Mannheim)

Die Messungen erfolgten an einem Shimadzu® 1202 Spectrophotometer. Die Cholesterin- und Triacylglycerinbestimmungen im Serum und in den Lipoproteinfraktionen (Cholesterin) wurden manuell in Polystyrol-Reagenzröhrchen (Sarstedt®, 5ml) im Doppelansatz durchgeführt. Als Standards dienten Kalibratorverdünnungen mit 100, 200 und 400 mg/ml für Cholesterin, beziehungsweise mit 50, 100 und 200 mg/dl für Triacylglycerin (Sigma®). Proben, deren Meßwerte den Kalibratorbereich überschritten, wurden nach Verdünnung (1:1) mit NaCl-Lösung (0,9%) erneut gemessen.

Die Ultrazentrifugation

Die analytische Ultrazentrifugation (REDGRAVE *et al.* 1975, CHAPMAN *et al.* 1981) wurde zur Trennung der Plasmalipoproteine durchgeführt (Ultrazentrifuge Optima TL 100, Rotor TL 100.3, Zentrifugenröhrchen Polycarbonat 3ml, 13 x 51 mm, BECKMAN®, Palo Alto, CA).

Zur Gewinnung von Überstand und Unterstand nach der Ultrazentrifugation wurden zwei Verfahren angewendet:

1. Schneiden der Zentrifugenröhrchen mit einem speziellen Schneidegerät (CentriTube Slicer, BECKMAN®) nach der „tube-slicing“-Methode (RANDOLPH und RYAN, 1950)
2. Pipettieren des Überstands mit einer speziellen Spritze (Mikroliter Spritze HAMILTON® e 1001/RN/stumpf; nach: CREMER 1990, TIMMERMEISTER und CREMER 1995, pers. Mitt.)

Chylomikronen ($d < 0,95$ g/ml) trennen

Bei Pups und bei Adulten in der Häutungsphase war mit einer Nahrungsaufnahme innerhalb der letzten 12 Stunden vor der Blutentnahme zu rechnen. Um störende Einflüsse bei der Trennung der restlichen Lipoproteine zu verhindern, wurde bei den Proben dieser beiden Gruppen eine Trennung der Chylomikronen durchgeführt (PUPPIONE 1978). Hierzu wurden je 1,5 ml Serum in ein Ultrazentrifugenröhrchen pipettiert und für 10 min bei 10°C mit 45000 U/min zentrifugiert. Der überständige, aus Chylomikronen gebildete Saum wurde mit einer speziellen Spritze (Mikroliter Spritze HAMILTON®) durchstoßen und 1 ml des Unterstandes für die weitere Trennung der Lipoproteine entnommen (TIMMERMEISTER und CREMER 1995, pers. Mitt.).

VLDL ($d \leq 1,006$ g/ml)

Je 1 ml des Unterstandes aus dem vorangehenden Zentrifugationsschritt wurde in neue Ultrazentrifugenröhrchen überführt und der Meniskus markiert. Anschließend wurde die Probe vorsichtig mit 1 ml 0,9% NaCl-Lösung ($d = 1,006$ g/ml) überschichtet und für 4 h bei 10°C mit 95000 U/min zentrifugiert. Die Zentrifugenröhrchen wurden an der Markierung geschnitten (CentriTube Slicer). Je 20 μ l der VLDL-Fraktion (Überstand) wurden zur anschließenden Bestimmung von Cholesterin entnommen. Der verbleibende Unterstand (LDL, HDL, $d > 1,006$ g/ml) wurde weiter aufgetrennt (TIMMERMEISTER und CREMER 1995, pers. Mitt.).

LDL ($d \leq 1,063$ g/ml) und HDL ($d > 1,063$ g/ml)

1 ml des Unterstandes ($d > 1,006$ g/ml) wurde in neue Zentrifugenröhrchen überführt. Nach Zugabe von 1ml Kaliumbromid-Lösung der Dichte 1,103 g/ml (resultierende Dichte 1,063 g/ml) wurden die Proben zentrifugiert (24 h, 95000 U/min). Der Überstand ($d \leq 1,063$ g/ml) und die zwei im Unterstand verbleibenden Fraktionen ($d > 1,063$) wurden durch Pipettieren voneinander getrennt. In jeder Fraktion wurde die Cholesterinkonzentration gemessen.

Alle Ultrazentrifugationsläufe wurden mit einem programmierten Bremsvorgang beendet. Eine Vollbremsung des Rotors (von 95.000 U/min in 3 min) würde durch Turbulenzbildung zur erneuten Vermischung der getrennten Lipoproteinfraktionen führen. Um dies zu verhindern, wurde eine verzögerte Bremsdauer von 10 Minuten (von 95.000 U/min) beziehungsweise von 5 Minuten (von 45.000 U/min) programmiert (TIMMERMEISTER und CREMER 1995, pers. Mitt.).

Konservierung und Transport für weitere Untersuchungen

Für die Durchführung späterer Untersuchungen im Speziallabor wurden jeweils 250 μ l von jeder Serumprobe und Lipoproteinfraktion mit je 20 μ l Saccharose Lösung (60%) versetzt und bei minus 28°C in NUNC® Cryotubes eingefroren (KLEIN 1994, pers. Mitt.). Das restliche Material wurde ohne Zusatz eingefroren.

Der Transport des gefrorenen Probenmaterials aus der Antarktis zum AWI in Bremerhaven erfolgte ohne weitere Umladung auf dem Schiffswege. Für die weiteren Untersuchungen im Klinikum Großhadern (Institut für Klinische Chemie) und in der Anatomischen Anstalt (Lehrstuhl II) der LMU München wurde das Probenmaterial von einer Spedition nach München transportiert.

Weitere Methoden

Die weiteren Untersuchungen wurden am Institut für Klinische Chemie des Klinikums Großhadern (München) und an der Anatomischen Anstalt (Lehrstuhl II) der Ludwig-Maximilians-Universität (München) durchgeführt.

Tabelle 6 gibt einen Überblick der dort durchgeführten Analysen

Tab. 6 weitere Analytik

Parameter	Einheit	³ Material	Methode
¹ freies Cholesterin	mg/dl	Serum	enzymatisch
¹ Phospholipide	mg/dl	Serum	enzymatisch
¹ freie Fettsäuren	mmol/l	Serum	enzymatisch
¹ β -Hydroxybutyrat	mg/dl	Serum	enzymatisch
¹ Vitamin E (Tocopherol)	mg/l	Serum	HPLC
¹ Lipoproteine		Serum (+Saccharose) und Lipoproteine	Lipoprotein- elektrophorese
² Lipoproteine		Serum und Lipoproteine	Elektronen- mikroskopie
¹ Cholesterin	mg/dl	Serum + Saccharose	FPLC

¹Institut für Klinische Chemie

²Anatomische Anstalt

³gefroren bei -28°C

Freies Cholesterin, freie Fettsäuren und Phospholipide

Die Analysen wurden mit enzymatischen Tests an einem HITACHI® 704 Autoanalyser (mit Drucker SEIKOSHA® SP 2400) durchgeführt.

Freies Cholesterin:	CHOD-PAP-Methode	(WAKO® Chemicals)
Phospholipide	CO-PAP-Methode	(WAKO® Chemicals)
Freie Fettsäuren	ACS-ACOD-Methode	(WAKO® Chemicals)

β-Hydroxybutyrat (β-HBA)

Die Analysen wurden enzymatisch mit einem Fertigreagenz (SIGMA®) an einem Digitalphotometer 6115S (Eppendorf®) durchgeführt (CUSTER *et al.* 1983). Gemessen wurde die Farbreaktion, die bei der Umwandlung von β-HBA in Acetacetat und NADH entsteht, und deren Extinktion proportional zur Ausgangskonzentration des β-HBA verläuft. Die Kalibratorkonzentrationen betragen 10, 25 und 75 mg/dl. Für die Kontrollen wurden bovine Seren mit den Konzentrationen 6 mg/dl, bzw. 67 mg/dl verwendet (chargen-abhängig, SIGMA®).

Vitamin E (Tocopherol)

Der Tocopherolgehalt wurde fluorometrisch mit Hilfe der *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) gemessen. Die Bestimmung erfolgte nach der Methode von LEHMANN und MARTIN (1982) und nach THIERY und HAAS (1997, pers. Mitt.).

100 µl Probe wurden mit 100 µl Ethanol gemischt, das 1 µl/ml Tocopherol als internen Standard und 1 mg/ml BHT⁸ als Oxidationsschutz enthielt. Anschließend wurden die Tocopherole mit 400 µl n-Hexan durch 3-minütiges Schütteln extrahiert und 1 Minute zentrifugiert. 200 µl des Hexan-Überstandes wurden in einer Vakuumzentrifuge (Speed VAC Plus SC 100 AR, Savant) bis zur Trockne eingeengt und in 100 µl Methanol wieder aufgenommen. 10 µl dieser Lösung wurden auf eine C18-RP Säule injiziert (LiChroCART 250-4, LiChroCART 4-4 als Vorsäule; Füllmaterial: LiChrosper 100 RP-18 5 µl; Merck, Darmstadt). Die Bestimmung erfolgte unter Mitführung eines Tocopherol-Standards (Serva®, Heidelberg) über einen Fluoreszenzdetektor (Exzitation 292 nm, Emission 330 nm). Zur Quantifizierung der Tocopherol-Konzentration wurde die Fläche des Retentionspeaks in die Einheit [mg/l] umgerechnet.

⁸BHT: Butylhydroxytoluol

Quantitative Lipoproteinelektrophorese

Die Lipoproteine im konservierten Serum (Saccharose) wurden elektrophoretisch über eine Agarosegelmatrix aufgetrennt. Die Bestimmung erfolgte nach der Methode von CREMER *et al.* (1985).

50 µl der Probe wurden mit 50 µl erhitztem (80°C) Agarosegel (Immuno[®], Wien) versetzt. 10 µl des Ansatzes wurden in die Auftragsstelle von vorgefertigten Agarosegelträgern (Lipidophor All In 12, Immuno[®]) pipettiert und mit weiteren 50 µl Agarosegel überschichtet. Die Agarosegelträger wurden in einer Elektrophoresekammer (Power Supply Radiophor electronic[®], Immuno) für 80 min einem elektrischen Feld ausgesetzt (85V). Die entstandenen Banden wurden mit einer Entwicklerlösung⁹ in 2 Schritten fixiert.

Die Auswertung der Banden erfolgte densitometrisch durch Scannen der Gelträger (Liposcript Scanner[®], Immuno). Die Konzentration von Cholesterin in den einzelnen Lipoproteinen wurde automatisch durch Berechnung der Integralflächen proportional zum Gesamtcholesterin berechnet.

FPLC (Fast Protein Liquid Chromatography)

Die Bestimmung erfolgte nach der Methode von Linton *et al.* (1995), modifiziert nach THIERY und HAAS (1997, pers Mitt.) an einem FPLC-System (Pharmacia[®] LKB). Das Serum wurde zunächst mit Pufferlösung (NaCl, Na₂HPO₄, EDTA; pH 7,5) für 3 min gewaschen und filtriert (0,2 µm). Die FPLC-Säule (Superose 6 HR 10/30) wurde für 30 min bei einem Fluß von 1 ml/min mit Puffer gespült. Je 100 µl Probe wurden injiziert und bei einer Flußrate von 500 µl/min mit Puffer eluiert. Von jeder Probe wurden 40 Fraktionen (je 500 µl) in einem Fraktionssammler (FRAC-100) aufgefangen. Die Molekülgröße der in den Fraktionen gesammelten Lipoproteinpartikel wird nach LINTON *et al.* (1995) zugeordnet:

Fraktion:	0 bis 14	Puffer
	15 bis 19	VLDL; Chylomikronen
	20 bis 26	LDL
	27 bis 33	HDL
	34 bis 40	Puffer

In jeder Fraktion wurde die Cholesterinkonzentration enzymatisch bestimmt.

⁹Entwickler: Phosphorwolframsäure, Natriumchlorid, Natriumacid, Magnesiumchlorid

Elektronenmikroskopie

Zur morphologischen Darstellung von Lipoproteinpartikeln wurden elektronenmikroskopische Aufnahmen des Serums und der durch Ultrazentrifugation getrennten Lipoproteinpartikel angefertigt (WELSCH *et al.* 1988, WELSCH und HERZMANN pers. Mitt. 1997). Nach Fixierung mit Glutaraldehyd (3,5%; pH 7,5) und Osmiumtetroxid (OsO₄) wurden die Proben mit Ethanol dehydriert und in Araldit eingebettet. Dünnschnitte wurden mit Uranylacetat (gesättigte Lösung in 70% Methanol) angefärbt. Mit Hilfe der Transmissionselektronenmikroskopie wurden Aufnahmen mit verschiedenen Vergrößerungen angefertigt (x20080; x26559; x48766; x66739; x124297). Die Partikelgrößen [nm] wurden entsprechend den Vergrößerungsschritten (Elektronenmikroskopie, Filmentwicklung) berechnet.

Partikelgröße [nm] = Partikelgröße [mm] x 1000/Vergrößerungsfaktor

Datenverarbeitung

Die Daten von manuell durchgeführten Analysen wurden auf ein COMPAQ[®]-Notebook (1. Expedition /Inst. für. Klin. Chemie) und auf einen TOSHIBA[®]-Notebook (2. Expedition) übertragen. Von den Datensätzen wurden jeweils 2 Sicherungskopien auf Disketten angelegt.

Automatisiert gemessene Labordaten wurden durch die Bedienungssoftware der verwendeten Autoanalyser direkt auf Disketten übertragen.

Für die Datenspeicherung und -aufbereitung sowie für Grafiken wurde verwendet:

EXCEL 5.0, 7.0 und '97 (Microsoft[®])

Für die Textverarbeitung und für Tabellen wurde verwendet:

WORD 7.0 und '97 (Microsoft[®])

Für die statistische Bearbeitung wurden folgende Programme verwendet:

LipSTAT (Biological Software Systems, J. Lage, Kiel)

SPSS 6.1 (SPSS[®] Inc., USA)

SigmaStat (Jandel Scientific, Erkrath)

Statistische Methoden

Das Datenmaterial wurde in Tabellen zusammengefaßt und zunächst in graphischen Abbildungen dargestellt. Die dabei verwendeten Säulendiagramme und Verlaufskurven ermöglichen einen visuell leicht erfassbaren Überblick über die Ergebnisse der untersuchten Parameter (*deskriptive* Statistik, LORENZ 1988).

Für die weitere statistische Bearbeitung wurden die Ergebnisse in 2 Gruppen unterteilt:

A) Die erste Gruppe umfaßt diejenigen Parameter, die entsprechend dem Probenplan (Tab. 3, S. 29) in Form von Profilen (numerische Daten) erhoben wurden:

Körpergewicht	freie Fettsäuren
Gesamtcholesterin	Phospholipide
Cholesterinester	Triacylglycerine
freies Cholesterin	β -Hydroxybutyrat
Cholesterin in Lipoproteinen	

Zur Klärung, ob es einen Zusammenhang zwischen den Analyseergebnissen und dem Verlauf des Fortpflanzungs- und Häutungsgeschehens gibt, wurden die Datenprofile der untersuchten Parameter innerhalb jeder Untersuchungsgruppe hinsichtlich ihres *Gleichlaufs* beurteilt (z.B. Konzentrationsverlauf von freien Fettsäuren bei Jungtieren während der Sägezeit).

Als ein geeignetes Maß für den Grad des Gleichlaufs wurde der *Konkordanzkoeffizient* W nach Kendall berechnet (BORTZ *et al.* 1990). Die W -Werte der verglichenen Meßreihen (Profile) sind jedoch nur dann in ihrer Aussage für den Gleichlauf vergleichbar, wenn alle Meßreihen die gleiche Anzahl an Meßpunkten enthalten. Im vorliegenden Fall war diese Voraussetzung jedoch nicht immer gegeben (Tiere nicht mehr auffindbar). Eine von der Anzahl der Meßpunkte unabhängige „Signifikanzprüfung“ ist durch Ermittlung des p -Wertes für W möglich, muß jedoch als *explorative Analyse* aufgefaßt werden, da eine Autokorrelation innerhalb der einzelnen Meßreihen nicht ausgeschlossen werden kann.

Um die unvollständigen Profile beurteilen zu können, wurde W und p für jede Tierzahl, die die gleiche Anzahl an Meßpunkten aufweist, einzeln berechnet. Hier dient p nicht der

Beurteilung einer Signifikanz, sondern als Maß für die Güte des Gleichlaufs.

Beispiel:

Gegeben sei folgende Ergebnistabelle eines Parameters (z.B. Körpergewicht):

Robbe A und B weisen jeweils 4 Messpunkte auf. Robben C und D wurden nach der 3. Probennahme nicht mehr aufgefunden, Robbe E verschwand nach der 2. Probennahme.

Tier Probe	A	B	C	D	E
1	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	
4	x	x			

In diesem Fall wären W und P dreimal berechnet worden:

- 1) Für alle Robben mit 2 Meßpunkten, also bei Robbe A - E
- 2) Für alle Robben mit 3 Meßpunkten, also Robbe A - D
- 3) Für alle Robben mit 4 Meßpunkten, also Robbe A und B

In den Fällen, in denen ein Parameter zwar profilartig, jedoch nicht an allen Versuchstieren einer Altersgruppe gemessen werden konnte (z.B. Phospholipide bei nur 9 von 12 Versuchstieren), ist W und p am vorhandenen Proben- bzw. Datenmaterial entsprechend berechnet worden.

Als *signifikant* im Sinne der explorativen Analyse werden p -Werte für W genannt, die basierend auf der Tierzahl mit der maximalen Anzahl von Meßpunkten, 0.05 nicht überschreiten.

Die Beurteilung des *Gleichlaufs* enthält jedoch keine Aussage über das Vorhandensein eines *Trends*, der eine *Korrelation* zwischen dem zeitlichen Verlauf (z.B. der Laktation)

und dem Verhalten der gemessenen Parameter beschreibt. Hierzu ist bei denjenigen Parametern, deren Gleichlauf im Sinne der explorativen Analyse durch $p(W) < 0.05$ gezeigt wurde (s.o.), zusätzlich der *Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient* (r_S) zwischen der mittleren Verlaufskurve und der zeitlichen Abfolge der Messungen (aufgefaßt als Rangreihe 1,2,3...) berechnet worden. Dieser wird als Dezimalzahl zwischen 0 und 1, bzw. 0 und -1 angegeben (positiv oder negativ korreliert). Signifikanz ($p(r_S) < 0,05$) bedeutet, daß der Verlauf der Meßpunkte einem *monotonen Trend* folgt.

Durchgeführt wurde die Berechnung von r_S und $p(r_S)$ mit den arithmetischen Mittelwerten der Messungen für jeden Probesternin, und zwar nur bei den vollständigen und gleichlaufenden Profilen ($p(W) < 0,05$) eines Parameters (im Tabellenbeispiel: nur bei Tier A und B, falls deren Profile gleichlaufend sind).

- B) Die folgenden Untersuchungen wurden an Einzelseeren aus jeder Altersgruppe durchgeführt. Aufgrund der nicht-numerischen Eigenschaften der Ergebnisse (z.B. elektronenmikroskopische Abbildungen) wurden hier keine statistischen Tests durchgeführt.

Lipoproteine mittels Elektronenmikroskopie

Lipoproteine mittels Lipoproteinelektrophorese und Densitometrie

Lipoproteine mittels FPLC (mit Konzentration von Cholesterin)

Vit E (Tocopherol) mittels HPLC

Geräte und Material

Feldgerät

Digitalwaage (± 0.5 kg)	Challenger [®] , IAA, Buenos Aires
Drahtseilwinde, manuell	IAA, Buenos Aires
Fangsack, imprägniertes Leinen	IAA, Buenos Aires
Leinenmatte, imprägniertes Leinen	IAA, Buenos Aires
Markierungsfarbe	Pintura Natural [®] , Buenos Aires
Wäegerüst, Duraluminium	IAA, Buenos Aires

Hersteller/Lieferant

Immobilisation

Blasrohrpistole 1V.31NP mit Lauf und Luftpumpe	Telinjekt, D-Römerberg
Diazepam-ratiopharm [®] 10	Cura Vet, D-Stuttgart
Doxapram (Dopram [®])	Brenner Pharma, Münster
Füllsatz FUL 50	Telinjekt, D-Römerberg
Injektionsspritze, 30ml	Becton Dickinson, Heidelberg
Ketamin 10% (Ketavet [®]) Injektionslösung	Cura Vet, D-Stuttgart
Rompun [®] Trockensubstanz [®] 500mg	Bayer, D-Leverkusen
Spezialkanüle K2060VR	Telinjekt, D-Römerberg
Vario Sonderspritzen S1500V/S2000V	Telinjekt, D-Römerberg
Verstärkungskappe ALUK S500V	Telinjekt, D-Römerberg
Yohimbin Hydrochlorid Trockensubstanz [®]	Sigma, D-Deisenhofen

Probengewinnung, -aufbereitung und -transport

Dichtearäometer (1,06 – 1,12)	Jürgens, D- Bremen
Digital Thermometer Multi [®]	Jürgens, D-Bremen
Einmal-Kanülen Gr 1/0, 0,9 x 40 mm/0,9 x 70 mm	Heiland, D-Hamburg
Eppendorf [®] Variopipette 100-1000 μ l	Eppendorf, D-Hamburg
EPPI-Box [®] Probenbehälter Basic (10 x 10)	National Lab GmbH, D-Mölln
Nunc [®] Kryoröhrchen 1,8 ml, PP/SI	Nunc GmbH, D-Wiesbaden
Omnifix [®] Einmal-Spritzen 5/10/20/30 ml	B. Braun, D-Melsungen
Parafilm 5 cm	Jürgens, D-Bremen
Pipettenspitzen 100/1000 μ l	Eppendorf, D-Hamburg
Primavette [®] Serummonovetten	B. Braun, Melsungen

MATERIAL UND METHODEN

Reagenzglasständer Laboset®	Jürgens, D- Bremen
Saccharoselösung (60%)	Jürgens, D- Bremen
Spezialkanülen LL 1,6 x 80 mm/2,0 x 100 mm	Heiland, D-Hamburg
Sterifix® Minispikes für Stechampullen	B. Braun, D-Melsungen
Verschlußstopfen F LuerLock	B. Braun, D-Melsungen

Laborgeräte

Absaugpumpe 4151	Eppendorf, D-Hamburg
Autoanalyser HITACHI 704	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
Digitalphotometer 6115 S	Eppendorf, D-Hamburg
Drucker Seikosha SP2400	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
Elektronenmikroskop CM 10	Phillips, D-Kassel
Elektrophoresekammer (Radiophor electronic®)	Immuno GmbH, D-Heidelberg
Elektrophoresescanner (Liposcript Scanner®)	Immuno GmbH, D-Heidelberg
HPLC-Anlage:	
AS-2000A Autosampler	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
D-2500 Chromato-Integrator	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
F-1050 Fluorescence Spectrophotometer	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
L-6000 Pumpe	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
LiChroCart 250-4 Säule	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
LiChroCart 4-4 Vorsäule	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
Speed VAV Plus SC 100 Vakuumzentrifuge	Merck - Hitachi®, D-Darmstadt
FPLC-Anlage	Pharmacia LKB, D-Freiburg
FRAC-100 Fraktionssammler	Pharmacia LKB, D-Freiburg
Superose 6 HR 10/30 FPLC-Säule	Pharmacia LKB, D-Freiburg
Laborzentrifuge (Zentrifuge 5403)	Eppendorf, D-Hamburg
Mikroliter Spritze Hamilton® e 1001/RN/stumpf	Jürgens, D-Bremen
Röhrchenschneidegerät (CentriTube Slicer)	Beckman Instruments, CA, USA
Spectrophotometer (Shimadzu®)	Jürgens, D- Bremen
Ultrazentrifuge (TL 100, Rotor 100.3)	Beckman Instruments, CA
Wasserbad (Inkubator B5060)	Haereus, D-Hanau

Verbrauchsmaterial und Reagenzien

Agarosegel	Immuno GmbH, D-Heidelberg
Araldit	LMU München

MATERIAL UND METHODEN

Cholesterintest CHOD-PAP SYS1®	Boehringer, D-Mannhei
Cholesterol Kalibrator Set® 100/200/400mg/dl	Sigma, D-Deisendorf
Entwicklerlösung	Immuno GmbH, D-Heidelberg
Ethanol	LMU München
Glutaraldehyd (3,5%)	LMU München
Kaliumbromid <i>R</i> pro anal. pulv.(DAB)	Merck, D-Darmstadt
Ketonkörper Testkit (D-β-hydroxybutyrate)	Sigma, D-Deisendorf
Ketonkörper Kalibratoren	Sigma, D-Deisendorf
Ketonkörper Kontrollseren	Sigma, D-Deisendorf
Lipidophor All In 12® Elektrophorese Gelträger	Immuno GmbH, D-Heidelberg
Natriumchlorid <i>R</i> pro anal. pulv. (DAB)	Merck, D-Darmstadt
Osmiumtetroxid	LMU München
PhastSystem (IEF-Gel pH 3-9)	Amersham Pharmacia, D-Freiburg
Pufferlösung (NaCl, Na ₂ HPO ₄ , EDTA, pH 7,5)	Merck, D-Darmstadt
Sarstedt® Reagenzgläser (Polystyrol) 5 ml, 75 x 13	Jürgens, D- Bremen
Testkit Freie Fettsäuren (NEFA C)	Wako Chemicals, D-Neuss
Testkit (Phospholipids B)	Wako Chemicals, D-Neuss
Testkit (Free Cholesterol C)	Wako Chemicals, D-Neuss
Triglycerid Kalibrator Set® 250mg/dl	Sigma, D-Deisendorf
Triglycerid Test Kit 704 Trigl./GPO-PAP®	Boehringer,D-Mannheim
Ultrazentrifugen Röhrchen, 3 ml, 13 x 51 mm	Beckman Instruments, CA, USA
Uranylacetat	LMU München

EDV

Notebooks (Compaq®, Toshiba®)	Messerknecht-Meister, D-Bremen
Arbeitsrechner (Compaq®)	Messerknecht-Meister, D-Bremen
Arbeitsrechner (Macintosh®)	Systematics, D-Bremen
Programm LipStat	Software Systems, J. Lage, Kiel
Programm SPSS 6.1	SPSS® Inc., USA
Programme MS WORD, MS EXCEL	Messerknecht-Meister, D-Bremen

Ergebnisse

Anzahl der Tiere

Insgesamt wurden 182 Blutproben von 40 Tieren gewonnen. Die Anzahl der in jeder Altersgruppe gewonnenen Probenprofile ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tab. 7 Anzahl der Tiere und Probenprofile

Altersgruppe	Tierzahl (Proben)	Anzahl Profile (Tiere)	Anzahl Proben ¹ je Profil
Muttertiere (Laktation)	12 (58)	5	6
		2	5
		3	4
		2	3
säugende Jungtiere (Pups)	12 (58)	5	6
		2	5
		3	4
		2	3
abgesetzte Jungtiere (Weanlings)	9 (45)	9	5
Adulte in Häutung (Moulting)	7 (21)	3	4
		2	3
		1	2
		1	1

¹Entsprechend der Probenplanung (Tab. 2, S. 29) wurden die Blutproben zu festgelegten Zeitpunkten (Tagen post partum/nach Absetzen/während Häutung) entnommen.

Bei 5 der 12 untersuchten Mutter-Jungtierpaare wurde ein vollständiges Profil mit jeweils 6 Proben gewonnen. Bei den Weanlings wurden 9 vollständige Profile mit je 5 Proben gewonnen. Bei adulten Robben in Häutung (Moulting) war in 3 Fällen die vollständige Gewinnung eines Profils von je 4 Proben möglich.

Bei nicht vollständigen Profilen wurden folgende Beobachtungen gemacht:

Tab. 8 Probenprofile während der Laktation

Abbruch	Beobachtung		Häufigkeit
	Muttertier	Pup	
nach 5. Probe (19. Tag postpartum)	nicht auffindbar	Laktation beendet ¹	1 x
	nicht auffindbar	verendet (erdrückt ²)	1 x
	nicht auffindbar	verendet	1 x
nach 4. Probe (14. Tag postpartum)	nicht auffindbar	verendet (erdrückt)	1 x
	nicht auffindbar	adoptiert	1 x
nach 3. Probe (9. Tag postpartum)	nicht auffindbar	verendet	1 x
	nicht auffindbar	verendet	1 x

¹Jungtier wurde als Weanling außerhalb des Harems vorgefunden, begonnener Fellwechsel

²Von Bullen (Beachmaster/Challenger) erdrückte Jungtiere wiesen einen deformierten Körper auf

Tab. 9 Probenprofile während der Häutung

Abbruch	Beobachtung	Häufigkeit
nach 1. Probe (1. Tag der Häutung)	letaler Narkoseverlauf	1x
nach 2. Probe (8. Tag der Häutung)	nicht auffindbar	1 x
nach 3. Probe (15. Tag der Häutung)	nicht auffindbar	2 x

Die Narkose

Für die Wägungen und für die Gewinnung der Blutproben von adulten See-Elefanten wurden insgesamt 79 Narkosen an 19 Tieren durchgeführt. In der Häutungsperiode verlief eine Narkose letal.

Bei 27 Narkosen war eine Nachdosierung erforderlich. Jungtiere (Pups und Weanlings) wurden grundsätzlich nicht immobilisiert.

Bei 41 Narkosen wurde die Zeitspanne von der Injektion des Narkotikums bis zum Wiedereintritt in das erste Narkosestadium (s. S. 31) gemessen.

Tab. 10 Applikation, Dosierungen und Narkosedauer bei laktierenden Muttertieren

Applikationsmethode	Narkosen		Ketamin [mg/kg KGW]	Narkosedauer [min]
Methode 1a (RYDING 1982)	23	\bar{x}	3,69	25
		min/max	2,5-6,5	10-41
		SD	0,89	11,1
Methode 1b	21	\bar{x}	3,47	23
		min/max	2,7-6,7	9-42
		SD	0,83	8,6
Methode 1c (GÖLTENBOTH 1988)	15	\bar{x}	3,4	25
		min/max	2,6-5,1	14-37
		SD	0,58	6,3

Tab. 11 Applikation, Dosierungen und Narkosedauer während der Häutungsphase

Applikations- methode	Narkosen		Ketamin [mg/kg]	Xylazin [mg/kg]	Yohimbin [mg/kg]	Narkosedauer [min]
Methode 1a (RYDING 1982)	7	\bar{X}	3,12	0,87	0,4 (1 x appl.)	16
		min/max	2,7-6,0	0,6-0,9		11-21
		SD	0,31	0,12		4,3
Methode 1b	11	\bar{X}	3,55	0,85	0,45	15
		min/max	2,8-4,9	0,8-0,9	0,38-0,52	11-20
		SD	0,63	0,05	0,07	3
Methode 1c (GÖLTENBOTH 1988)	2	\bar{X}	4,05	0,9	0,48 (1 x appl.)	46
		min/max	3,6-4,5	0,6-1,2		32-59
		SD	0,45	0,3		13,5

Komplikationen

Bei 6 der 59 Narkosen bei Muttertieren war für einige Minuten ein vorübergehender feinschlägiger Tremor zu beobachten.

Bei 9 Versuchstieren ist eine Ketamin-Xylazin-Narkotisierung durchgeführt worden, von denen 4 Tiere einen nachlassenden Lidreflex zeigten. In diesen Fällen erfolgte die intramuskuläre Gabe von $0,45 \pm 0,06$ mg/kg ($\bar{X} \pm SD$) Yohimbin-1%ig, um die Narkose zu beenden. Die Aufwachzeit (definiert vom Zeitpunkt der intramuskulären Applikation des Yohimbins bis zum Erreichen des 1. Narkosestadiums) betrug bei 3 Robben im Mittel 13,7 Minuten (\bar{X} ; $SD = 2,6$). Eine während der Häutungsphase mit Ketamin und Xylazin durchgeführte Narkose verlief letal. In diesem Fall wurde zunächst das Ausbleiben des Lidreflexes festgestellt. Kurz nach Auftreten eines Atemstillstandes folgte die zyanotische Verfärbung der Maulschleimhaut und das Ausbleiben des Corneareflexes. Die intramuskuläre

läre Gabe von 0,4 mg/kg Yohimbin und die folgende intravenöse Gabe von 1,4 mg/kg Doxapram zeigte keine Wirkung.

In einigen Fällen, in denen das Narkotikum über größere Distanz mittels der Gasdruckpistole appliziert wurde (Methode 1c), gefror die Injektionslösung im Spritzenprojektil. In einigen Fällen löste sich der vordere Verschlußkonus des Spritzenprojektils, sodaß die Injektionslösung beim Auftreffen nicht oder nur teilweise injiziert wurde. In diesen Fällen wurde die Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt.

Untersuchungsbefunde

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entsprechend der auf den Seiten 41 bis 43 angegebenen Unterteilung. In den einzelnen Ergebnisdiagrammen werden folgende Angaben gemacht:

1. Der arithmetische Mittelwert der ersten Messungen im Untersuchungszeitraum (z. B. 1. Tag post partum) mit der Standardabweichung ($\bar{X} \pm SD$) von allen untersuchten Tieren.
2. Die durchschnittliche Zu- oder Abnahme der gemessenen Konzentrationen mit der Standardabweichung ($\bar{X} \pm SD$) bei vollständigen Profilen.
3. Die prozentuale Veränderung, bezogen auf das arithmetische Mittel der ersten und der letzten Messung bei vollständigen Profilen.
4. Der p -Wert für den Kendall'schen Konkordanzkoeffizienten W zur Beurteilung des Gleichlaufs (S. 42, 43) bei vollständigen Profilen.
5. Der p -Wert für den Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten r_s zur Beurteilung des monotonen Trends (s.S. 41–44), falls $p_{(W)}$ (Gleichlauf) $< 0,05$. Entsprechend der Genauigkeit des Programms (SPSS) wird der $p(r_s)$ -Wert bis zur 3. Dezimalstelle angegeben.

Tabelle 16 (S. 93) gibt einen Überblick über die p -Werte der Kendall'schen Konkordanzkoeffizienten W und der Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten r_s der gemessenen Profile.

Körpergewicht

Die Versuchstiere wurden während jeder Probennahme gewogen. Ziel dieser Untersuchung war die Überwachung der Narkose und die Gewinnung von Basisinformationen über die körperliche Entwicklung in jeder Gruppe (Muttertiere, säugende Jungtiere, abgesetzte Jungtiere, Adulte während der Häutung).

(1) Wägung der 12 Muttertiere:

Wie in den Tabellen 7 und 8 (S. 48, 49) dargestellt, ist von 5 Muttertieren ein vollständiges Profil mit je 6 Wägungen (22 Tage Laktation) erstellt worden. Bei 2 weiteren Muttertieren enthält das Profil je 5 Wägungen (19 Tage Laktation). Drei Profile enthalten je 4 Meßpunkte und 2 Profile enthalten je 3 Meßpunkte.

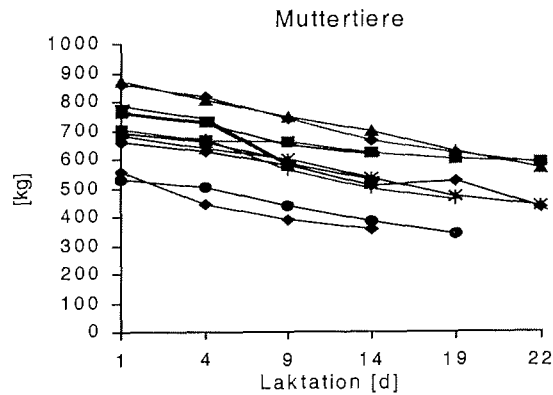


Abb. 5 Das Körpergewicht betrug zu Beginn der Laktation (1. Tag post partum) $711,8 \pm 98,3$ kg ($n=12$). Während der vollständigen Laktationszeit (22 Tage) betrug der Gewichtsverlust $232 \pm 63,4$ kg, entsprechend 28,4% des Ausgangsgewichtes. Dies entspricht einem täglichen Gewichtsverlust von $10,6 \pm 2,9$ kg. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

(2) Wägung der 12 gesäugten Jungtiere (Pups)

Wie in Tabellen 7 und 8 (S. 48, 49) dargestellt, ist von 5 Jungtieren ein vollständiges Profil mit je 6 Wägungen (22 Tage Säugezeit) erstellt worden. Bei 2 weiteren Jungtieren enthält das Profil je 5 Wägungen (19 Tage Säugezeit). Drei Profile enthalten je 4 Meßpunkte und 2 Profile enthalten je 3 Meßpunkte.

In den Fällen unvollständiger Laktation wurde das Muttertier nicht wiedergefunden und blieb auch während der anschließenden Begattungszeit (Abb. 1, S. 9) unauffindbar. In den 7 Fällen des Laktationsabbruchs wurde bei den betroffenen Jungtieren folgende Beobachtung gemacht:

In drei Fällen wurde das Jungtier verendet aufgefunden, zwei Jungtiere wurden erdrückt vorgefunden. In einem Fall wurde das Jungtier von einem anderen Muttertier, dessen Jungtier vermutlich verendet war, adoptiert. Und in einem anderen Fall wurde das Jungtier am 19. Tag post partum als Weanling außerhalb des Harems vorgefunden, wobei der Fellwechsel begonnen hatte.

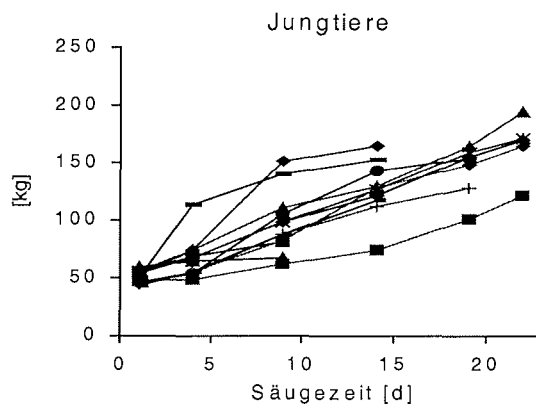


Abb. 6 Das Körpergewicht betrug zu Beginn der Säugezeit (\approx Geburtsgewicht) $50,8 \pm 5,6$ kg ($n=12$). Während der vollständigen Säugezeit (22 Tage) betrug die Gewichtszunahme $113 \pm 21,1$ kg, entsprechend dem 3,2-fachen des Geburtsgewichtes. Dies entspricht einer täglichen Gewichtszunahme von $5,1 \pm 1,0$ kg. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_S = 1,0$; $p(r_S) < 0,001$ ($n=5$).

(3) Wägung der 9 abgesetzten Jungtiere (Weanlings)

Wie in Tab. 7 (S. 48) dargestellt, konnte in allen Fällen ($n=9$) ein vollständiges Profil erstellt werden.

Alle Weanlings zeigten ab der 6. Lebenswoche (3. Woche nach Laktationsende) eine zunehmende Mobilität. Die Fundorte lagen in der zweiten Hälfte der Weaning-Phase oft mehrere Kilometer voneinander entfernt.

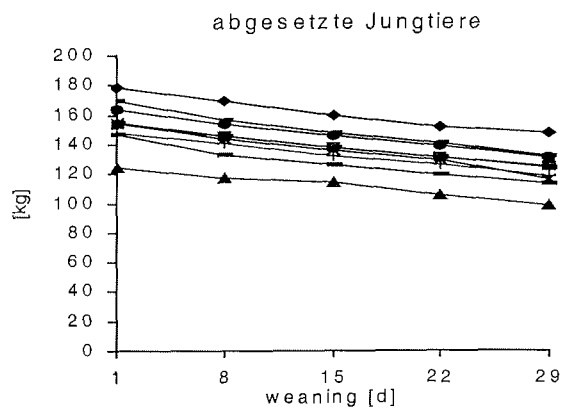


Abb. 7 Das Körpergewicht betrug bei Beendigung der Säugezeit (weaning-Beginn, ~23. Tag post partum) $154,9 \pm 14,5$ kg ($n=9$). Während des Untersuchungszeitraumes (29 Tage) betrug die Gewichtsabnahme $32,0 \pm 4,0$ kg entsprechend 20,9% des Ausgangsgewichtes. Dies entspricht einem täglichen Gewichtsverlust von $1,1 \pm 0,14$ kg. Gleichlauf: $p(W) = 0,000001$ ($n=9$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=9$).

(4) Wägung von 7 Adulten in der Häutungsphase (Moulting)

Ähnlich der Weanlings wurden die Adulten oft mehrere Kilometer vom früheren Fundort wiedergefunden. Im Gegensatz zu den Weanlings jedoch zeigten die adulten Robben diese Mobilität bereits zu Beginn der Häutungsphase.

Wie in Tab. 7 und 9 (S. 48, 49) dargestellt, konnte von 3 Versuchstieren jeweils ein vollständiges Profil (4 Probennahmen) erstellt werden. Bei einem Tier enthält das Profil 3 Wägungen. Zwei Profile enthalten je 2 Meßpunkte. In einem Fall verlief die Narkose bei der ersten Probennahme letal.

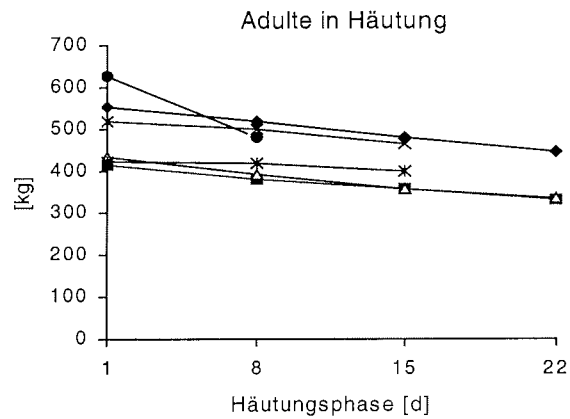


Abb. 8 Das Körpergewicht betrug bei Häutungsbeginn $498,4 \pm 72,4$ kg ($n=7$). Während des Untersuchungszeitraumes (29) Tage betrug der Gewichtsverlust $95,7 \pm 8,2$ kg, entsprechend 20,3% des Ausgangsgewichtes. Dies entspricht einer täglichen Gewichtsabnahme von $4,3 \pm 0,4$ kg. Gleichlauf: $p(W) = 0,018$ ($n=3$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=3$).

Analysenergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse wird in 2 Gruppen unterteilt.

1. Profilartige Daten (Messungen von Konzentrationen im Blutserum, bzw. numerische Daten, S. 42), die den Untersuchungszeitraum vollständig abdecken (Tab. 3, S. 29), werden als Kurvendiagramm (wie Körpergewicht) oder als Säulendiagramm (Konzentrationen in Lipoproteinen) dargestellt. Die statistischen Angaben hierzu erfolgen jeweils in den Diagrammen, entsprechend den Erläuterungen auf S. 42-44, (analog der Darstellung des Körpergewichtes).
2. Ergebnisse von Einzelseren (S. 43) werden in Form von Abbildungen wiedergegeben.

Konzentrationen im Serum

Gesamtcholesterin

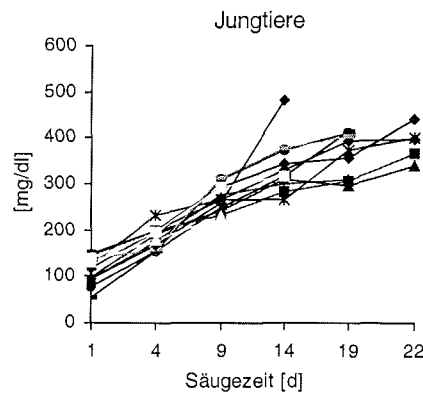
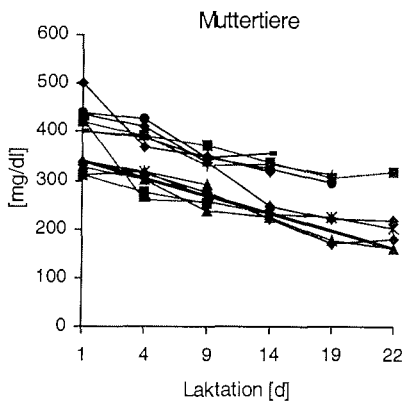


Abb. 9a Die Konzentration betrug zu Beginn der Laktation $387,3 \pm 58,0$ mg/dl ($n=12$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $150,2 \pm 41,9$ mg/dl, entsprechend 41% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

Abb. 9b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $113,3 \pm 28,1$ mg/dl ($n=12$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $262,0 \pm 34,5$ mg/dl, entsprechend dem 3,11 fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = 1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

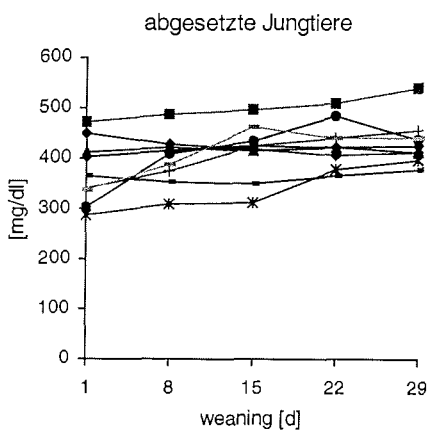


Abb. 9c Die Konzentration betrug bei Beendigung der Säugezeit (weaning-Beginn, ~23. Tag post partum) $374,8 \pm 60,2$ mg/dl ($n=9$) und stieg während des Untersuchungszeitraumes um $58,6 \pm 56,9$ mg/dl, entsprechend dem 1,2-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf besteht nicht: $p(W) = 0,057$ ($n=9$).

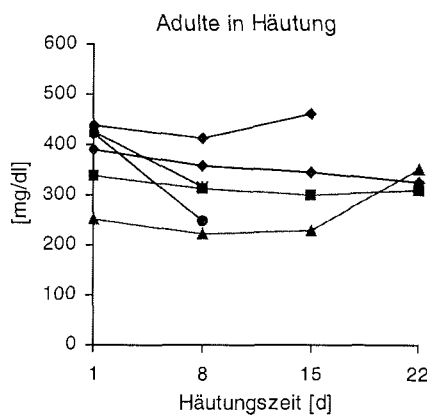


Abb. 9d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $378,0 \pm 65,8$ mg/dl ($n=6$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=3$) um $2,7 \pm 71,9$ mg/dl entsprechend 1,1% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf besteht nicht: $p(W) = 0,18$ ($n=3$).

Freies Cholesterin

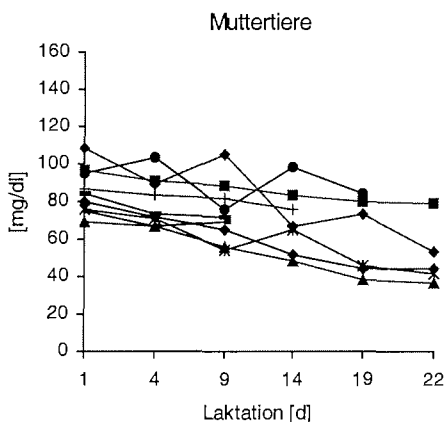


Abb. 10a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $85,7 \pm 11,7$ mg/dl ($n=9$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $35,0 \pm 11,8$ mg/dl, entsprechend 41% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0002$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

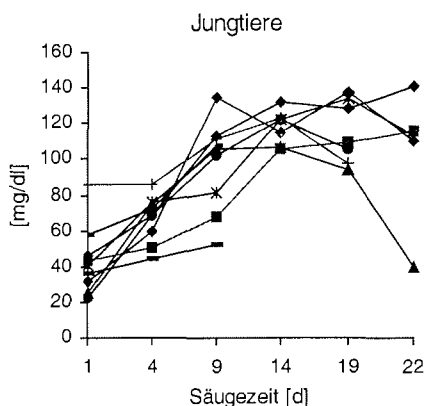


Abb. 10b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $43,3 \pm 18,2$ mg/dl ($n=9$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $66,6 \pm 27,1$ mg/dl, entsprechend dem 2,7-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,002$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = 0,83$; $p(r_s) = 0,042$ ($n=5$).

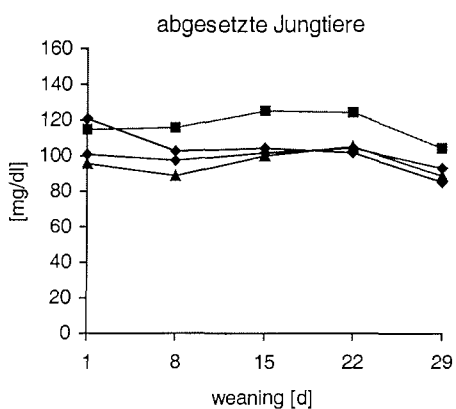


Abb. 10c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $108,3 \pm 10,1$ mg/dl ($n=4$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,058$ ($n=4$).

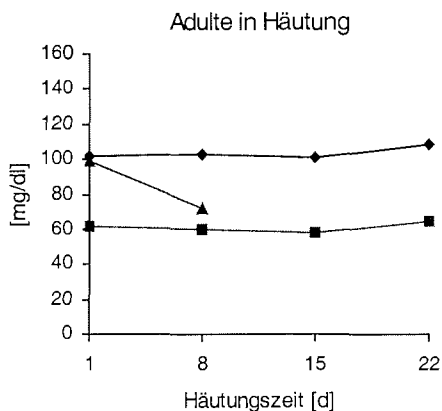


Abb. 10d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $87,7 \pm 18,2$ mg/dl ($n=3$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,13$ ($n=2$).

Cholesterinester

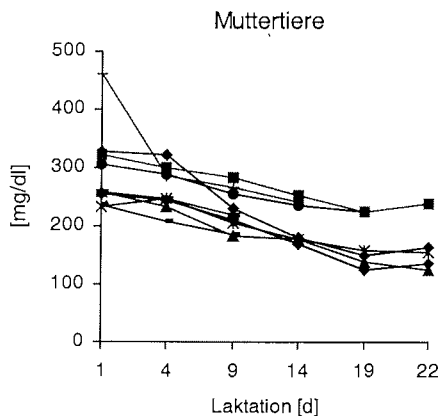


Abb. 11a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $295,6 \pm 67,6$ mg/dl ($n=9$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $116,0 \pm 31,2$ mg/dl, entsprechend 42% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -0,94$; $p(r_s) = 0,005$ ($n=5$).

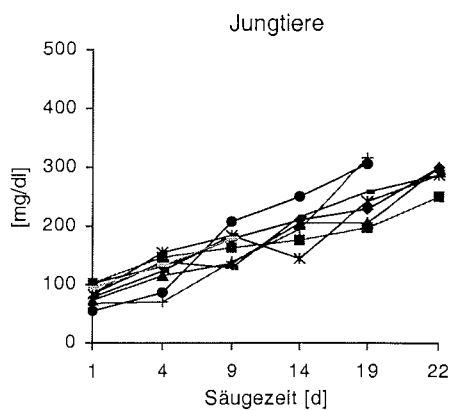


Abb. 11b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $82,8 \pm 14,6$ mg/dl ($n=9$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $195,4 \pm 25,5$ mg/dl, entsprechend dem 3,25-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0002$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = 1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

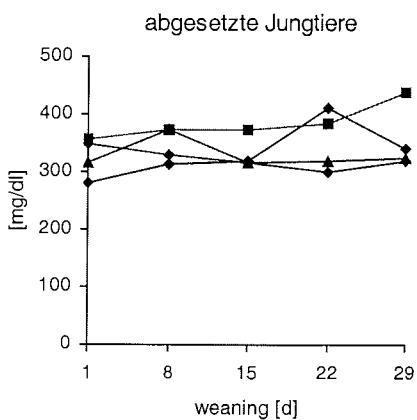


Abb. 11c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $326,0 \pm 29,8$ mg/dl ($n=4$). Gleichlauf ist nicht gegeben ($p(W) = 0,284$).

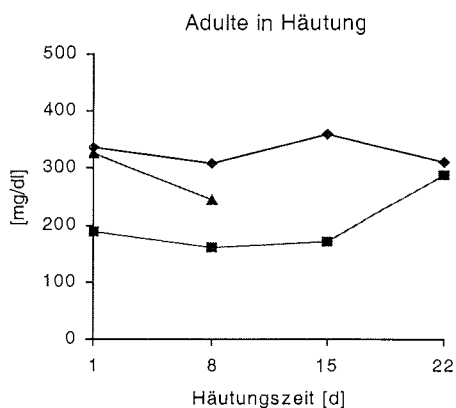


Abb. 11d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $284,0 \pm 67,3$ mg/dl ($n=3$). Gleichlauf ist nicht gegeben ($p(W) = 0,134$).

Phospholipide

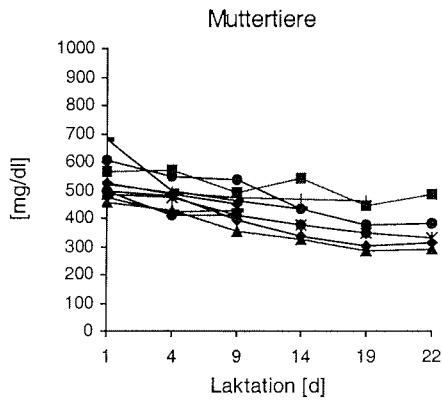


Abb. 12a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $530,3 \pm 65,3$ mg/dl ($n=10$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $161,8 \pm 47,5$ mg/dl, entsprechend 31% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0002$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -0,94$; $p(r_s) = 0,005$ ($n=5$).

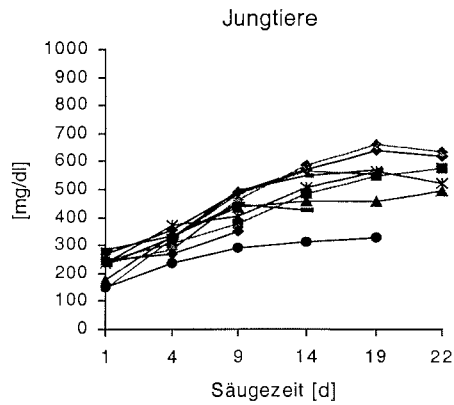


Abb. 12b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $222,1 \pm 45,3$ mg/dl ($n=10$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $336,0 \pm 38,4$ mg/dl, entsprechend dem 2,46-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,0001$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = 0,943$; $p(r_s) = 0,005$ ($n=5$).

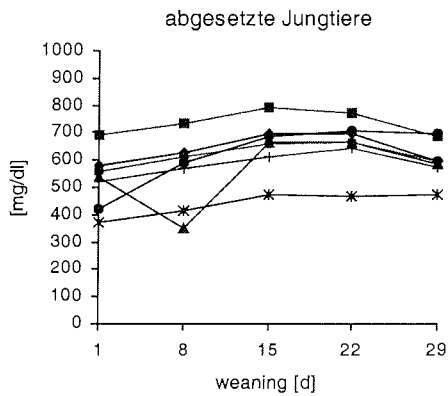


Abb. 12c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $525,9 \pm 98,0$ mg/dl ($n=7$), und stieg um $75,6 \pm 88,0$ mg/dl, entsprechend dem 1,2-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,002$ ($n=7$). Monotonie ist nicht gegeben: $r_s = 0,7$; $p(r_s) = 0,188$ ($n=7$).

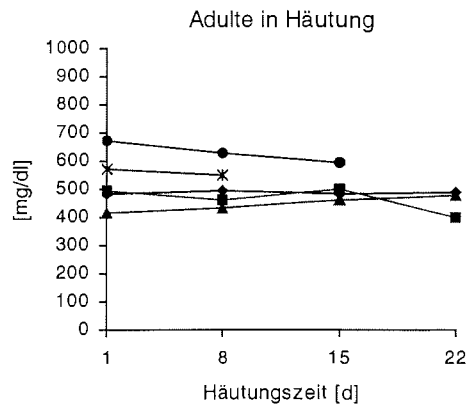


Abb. 12d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $527,8 \pm 86,88$ mg/dl ($n=5$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,766$ ($n=3$).

Triacylglycerine

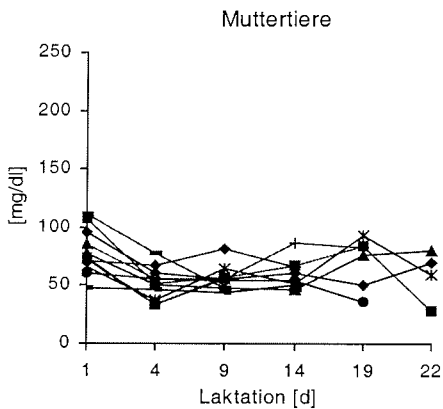


Abb. 13a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $76,0 \pm 18,0$ mg/dl ($n=12$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $16,6 \pm 16,9$ mg/dl, entsprechend 21% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,04$ ($n=4$). Monotonie ist nicht gegeben: $r_s = 0,257$; $p(r_s) = 0,623$ ($n=4$).

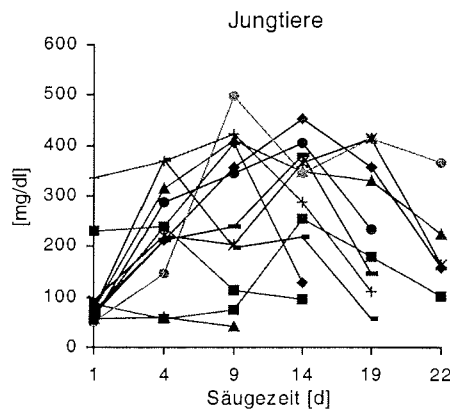


Abb. 13b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugetzeit $105,2 \pm 83,2$ mg/dl ($n=12$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $127,4 \pm 103,4$ mg/dl, entsprechend dem 3,09-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,006$ ($n=5$). Monotonie ist nicht gegeben: $r_s = 0,60$; $p(r_s) = 0,21$ ($n=5$).

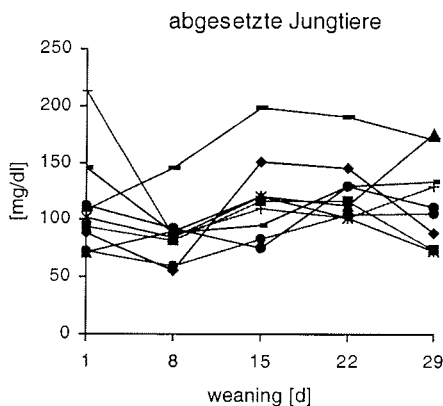


Abb. 13c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugetzeit, ~23. Tag post partum) $112,2 \pm 41,48$ mg/dl ($n=9$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,16$ ($n=9$).

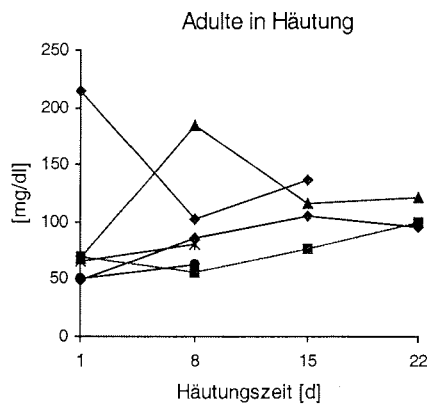


Abb. 13d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $86,3 \pm 57,7$ mg/dl ($n=5$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,154$ ($n=3$).

Freie Fettsäuren

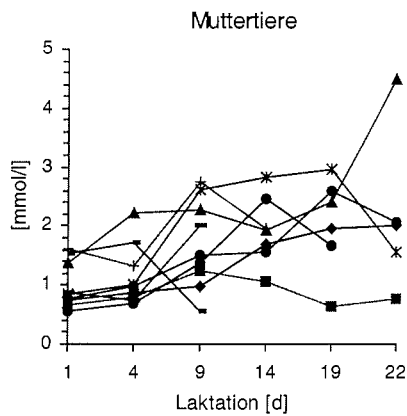


Abb. 14a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $1,0 \pm 0,37$ mmol/l ($n=9$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $1,3 \pm 1,01$ mmol/l, entsprechend dem 2,32-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,015$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$).

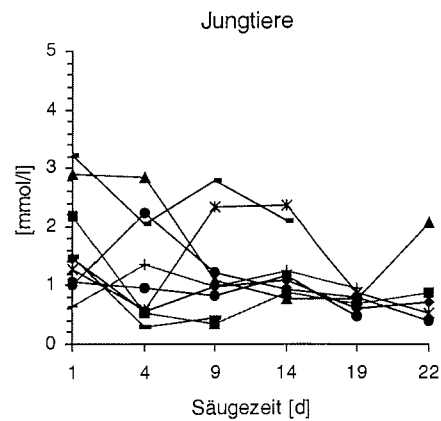


Abb. 14b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $1,69 \pm 0,83$ mmol/l ($n=9$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $0,84 \pm 0,24$ mg/dl, entsprechend 51% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,1$ ($n=5$).

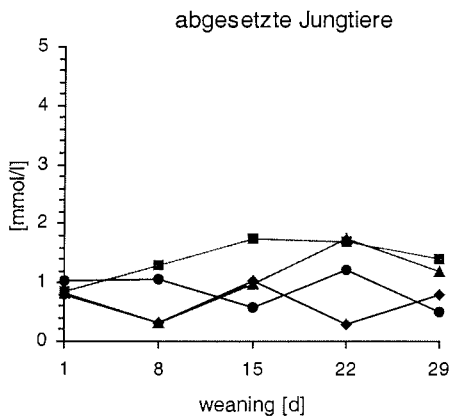


Abb. 14c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $0,87 \pm 0,09$ mg/dl ($n=4$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,4$ ($n=4$).

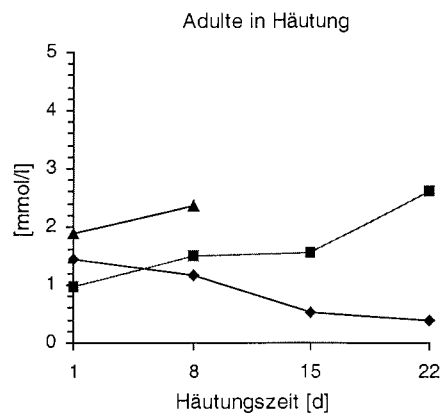


Abb. 14d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $1,43 \pm 0,38$ mg/dl ($n=3$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 1,0$ ($n=2$).

Beta-Hydroxybutyrat

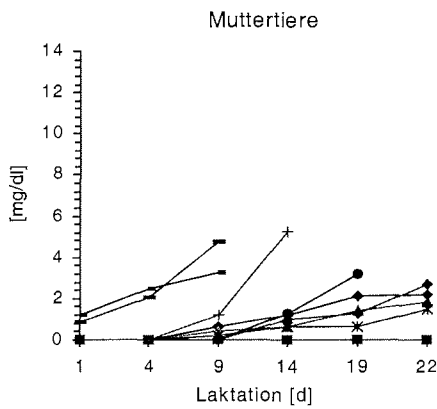


Abb. 15a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $0,23 \pm 0,44$ mmol/l ($n=9$) und stieg bei vollständigen Profilen ($n=5$) um $1,65 \pm 0,92$ mmol/l. Gleichlauf: $p(W) = 0,012$ ($n=5$). Monotonie: $r_s = 0,986$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=5$)

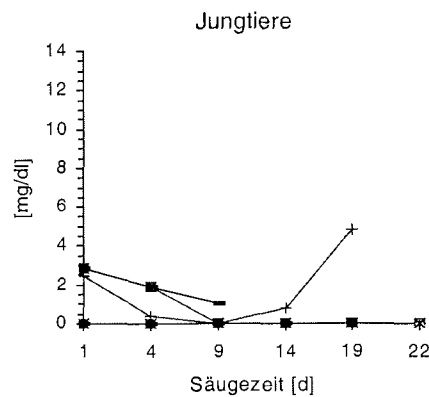


Abb. 15b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $0,9 \pm 1,28$ mg/dl ($n=9$). Bei 4 der vollständigen Profile ($n=5$) und bei einem der unvollständigen Profile ($n=4$) lag die Konzentration während der gesamten Säugezeit unterhalb der Nachweisgrenze. Bei den insgesamt 3 Profilen mit meßbaren Konzentrationen wurde kein Gleichlauf festgestellt: $p(W) = 0,9$ ($n=5$).

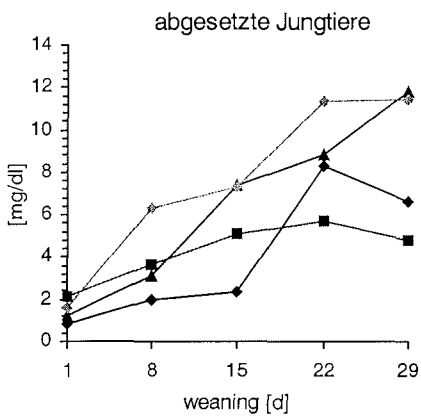


Abb. 15c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $1,46 \pm 0,42$ mg/dl ($n=4$), und stieg um $7,19 \pm 2,84$ mg/dl, entsprechend dem 6,63-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,002$ ($n=4$). Monotonie: $r_s = 0,986$; $p(r_s) < 0,001$ ($n=4$)

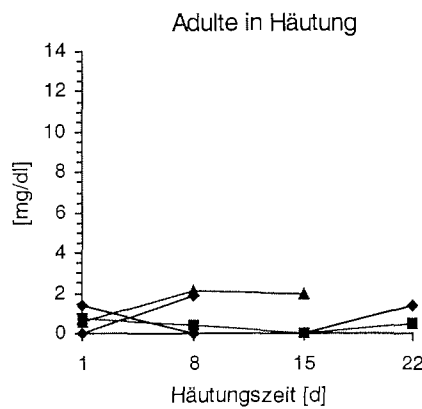


Abb. 15d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $0,68 \pm 0,50$ mg/dl ($n=4$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,16$ ($n=2$).

Glucose

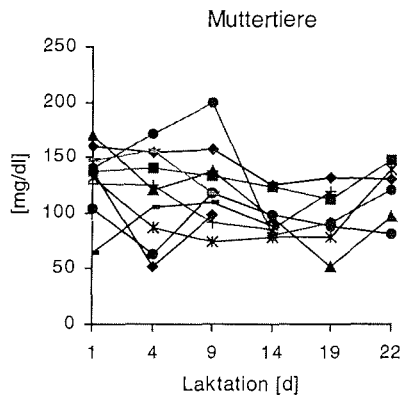


Abb. 16a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $132,2 \pm 28,2$ mg/dl ($n=10$) und sank bei vollständigen Profilen ($n=6$) um $21,2 \pm 27,6$ mg/dl, entsprechend 14% der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,033$ ($n=6$). Monotonie ist nicht gegeben: $r_s = -0,771$; $p(r_s) = 0,072$ ($n=6$).

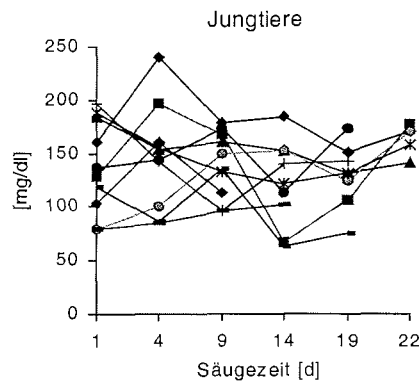


Abb. 16b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $137,7 \pm 41,7$ mg/dl ($n=9$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,17$ ($n=9$).

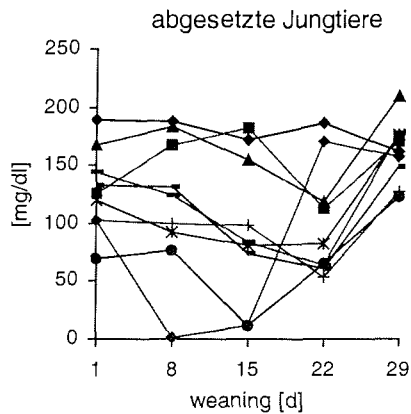


Abb. 16c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $128,3 \pm 33,7$ mg/dl ($n=9$) und stieg um $33,3 \pm 25,1$ mg/dl, entsprechend dem 1,31-fachen der Ausgangskonzentration. Gleichlauf: $p(W) = 0,036$ ($n=9$). Monotonie ist nicht gegeben: $r_s = 0,1$; $p(r_s) = 0,873$ ($n=9$).

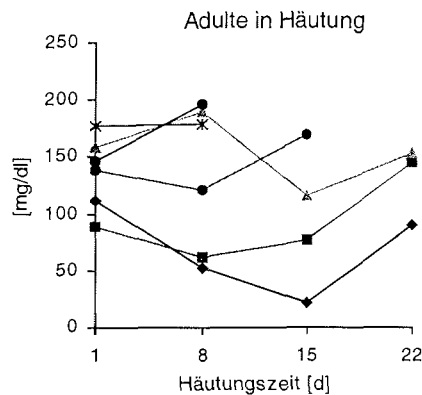


Abb. 16d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $136,7 \pm 29,2$ mg/dl ($n=4$). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,15$ ($n=3$).

Alpha-Tocopherol

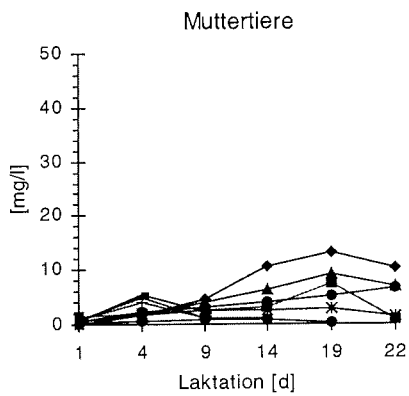


Abb. 17a Die Konzentration betrug bei Laktationsbeginn $0,59 \pm 0,38$ mg/l (n=9) und stieg bei vollständigen Profilen (n=5) um $4,46 \pm 3,95$ mg/l. Gleichlauf: $p(W) = 0,001$ (n=5). Monotonie: $r_s = 0,829$; $p(r_s) = 0,042$ (n=5).

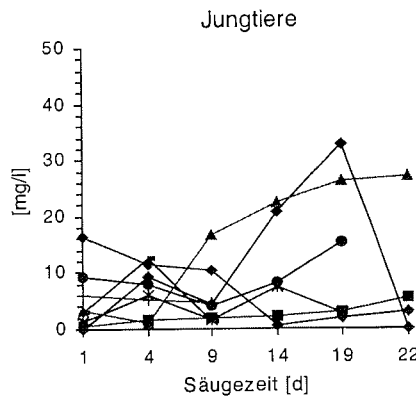


Abb. 17b Die Konzentration betrug zu Beginn der Säugezeit $5,01 \pm 5,16$ mg/l (n=8). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,47$ (n=4).

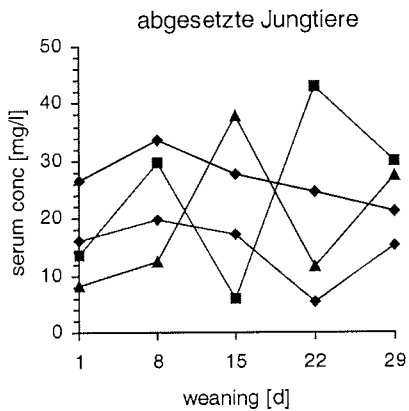


Abb. 17c Die Konzentration betrug bei Untersuchungsbeginn (Ende der Säugezeit, ~23. Tag post partum) $16,2 \pm 6,7$ mg/dl (n=4). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,36$ (n=4).

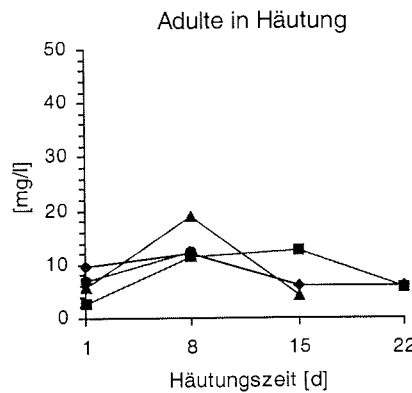


Abb. 17d Die Konzentration betrug zu Beginn der Häutungszeit $6,23 \pm 2,54$ mg/dl (n=4). Gleichlauf ist nicht gegeben: $p(W) = 0,092$ (n=2).

Ultrazentrifugation

Insgesamt wurden 148 Serumproben ultrazentrifugiert. Aus jeder Serumprobe konnten 4 Lipoproteinfraktionen isoliert werden (S. 36, 37).

Nach dem jeweils letzten Ultrazentrifugationsschritt verblieben nach Abtrennung des Überstandes (LDL) 2 weitere, gut voneinander trennbare Fraktionen im Unterstand ($d > 1,063$). Diese werden im Folgenden aufgrund der Dichte zu den HDL gezählt und als HDL(1) und HDL(2) bezeichnet.

In jeder der 592 gewonnenen Lipoproteinfraktionen wurde die Cholesterinkonzentration enzymatisch gemessen (S. 35). In den folgenden Säulendiagrammen (Abbildungen 18a bis 18d) werden jedoch nur die Messungen der vollständigen Profile (S. 52; S. 48 Tab. 7) verwendet (408 der 592 Cholesterinmessungen).

Die Säulendiagramme stellen den Verlauf der mittleren ($\bar{X} \pm SD$) Gesamtcholesterinkonzentrationen (weiße Säulen, vergl. Abb. 9a-d) und der mittleren ($\bar{X} \pm SD$) Cholesterinkonzentrationen in den Lipoproteinfraktionen (schattierte Säulen) bei den untersuchten Gruppen (Muttertiere, Pups, Weanlings, Adulte in Häutung) dar.

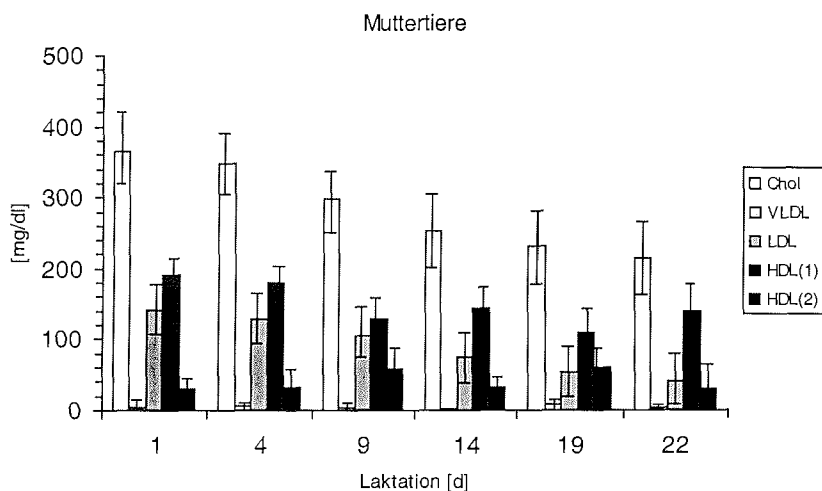


Abb. 18a Verlauf der Gesamtcholesterinkonzentration (weiß) während der Laktation vergl. Abb. 9a. VLDL-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,42$ ($n=5$). LDL-Cholesterinkonzentration: sinkt von $140,7 \pm 39,6$ auf $41,2 \pm 19,6$ mg/dl (29% der Ausgangskonzentration); Gleichlauf: $p(W) = 0,0014$ ($n=5$); Monotonie: $r_s = -1,0$; $p(r_s) = 0,0028$ ($n=5$). HDL(1)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,27$ ($n=5$). HDL(2)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,84$ ($n=5$).

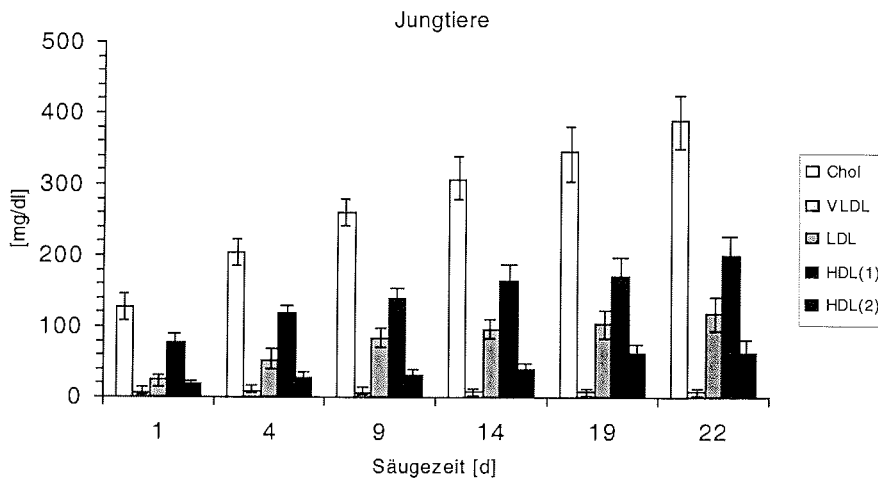


Abb. 18b Verlauf der Gesamtcholesterinkonzentration (weiß) während der Säugezeit vergl. Abb. 9b. VLDL-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,09$ ($n=5$). LDL-Cholesterin: Anstieg von $24,0 \pm 6,23$ auf $118,1 \pm 26,2$ mg/dl (4,9-faches der Ausgangskonz.); Gleichlauf: $p(W) < 0,001$; Monotonie: $r_s = 1,0$; $p(r_s) = 0,003$ ($n=5$). HDL(1)-Cholesterin: Anstieg von $77,8 \pm 9,21$ auf $199,5 \pm 32,01$ mg/dl (2,6-faches der Ausgangskonz.); Gleichlauf: $p(W) < 0,001$; $r_s = 1,0$; $p(r_s) = 0,003$ ($n=5$). HDL(2)-Cholesterin: Anstieg von $18,0 \pm 4,12$ auf $63,0 \pm 12,75$ mg/dl (3,5-faches der Ausgangskonz.); Gleichlauf: $p(W) < 0,001$; $r_s = 0,99$; $p(r_s) = 0,003$ ($n=5$).

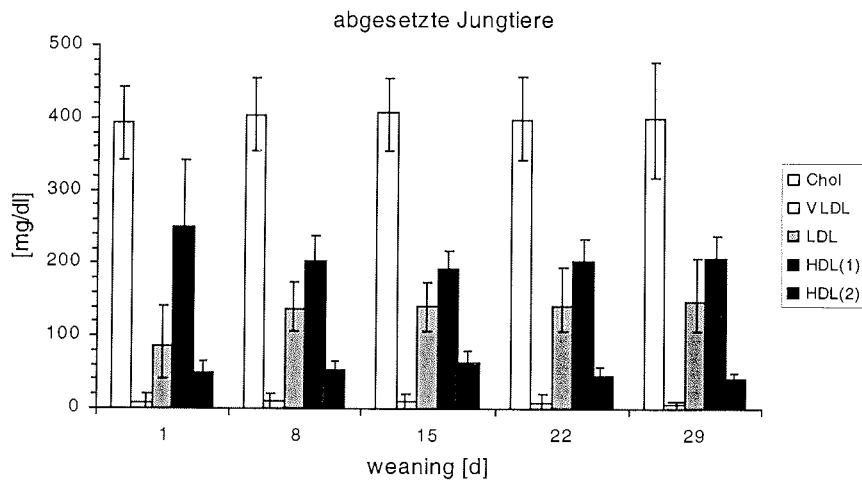


Abb. 18c Verlauf der Gesamtcholesterinkonzentration (weiß) während der Weaning-Phase vergl. Abb. 9c. VLDL-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,058$ ($n=6$). LDL-Cholesterin: Anstieg von $86,8 \pm 55,7$ auf $147,2 \pm 59,6$ mg/dl (1,7-faches der Ausgangskonzentration); Gleichlauf: $p(W) = 0,031$ ($n=6$); Monotonie: $r_s = 1,0$; $p(r_s) = 0,017$ ($n=6$). HDL(1)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,09$ ($n=6$). HDL(2)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,74$ ($n=6$).

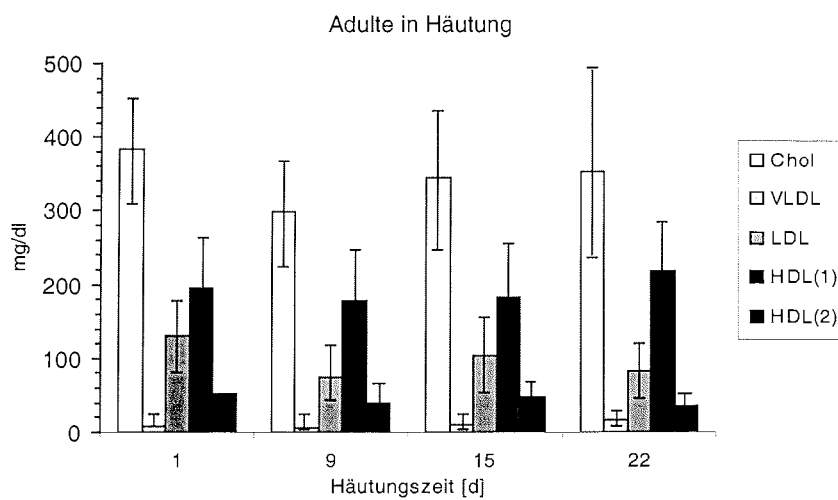


Abb. 18d Verlauf der Gesamtcholesterinkonzentration (weiß) während der Häutungphase vergl. Abb. 9d. VLDL-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,28$ ($n=3$). LDL-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,68$ ($n=3$). HDL(1)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,37$ ($n=3$). HDL(2)-Cholesterin: kein Gleichlauf: $p(W) = 0,074$ ($n=3$).

Der durchschnittliche Anteil (Recovery) der in den Lipoproteinen gemessenen Cholesterinkonzentrationen beträgt insgesamt $88 \pm 8\%$ ($\bar{X} \pm SD$) der Cholesterinkonzentrationen im Serum.

In 6 Fällen ist der Ultrazentrifugationslauf unterbrochen worden. Zweimal wurde die Unterbrechung durch Ausfall der Stromversorgung der Station verursacht, in 4 Fällen ist die Ultrazentrifugation durch die Vibrationssensoren des Gerätes infolge seismischer Aktivitäten des nahegelegenen Gletschers abgebrochen worden. Diese Ultrazentrifugationsläufe wurden aus gekühlten Reserveproben wiederholt.

Elektronenmikroskopie

Zur morphologischen Darstellung von Lipoproteinpartikeln ist das Blutserum von jeweils einem laktierenden Muttertier, von einem Pup und von einem Weanling untersucht worden (Abb. 19, 20, 21).

Vom Muttertier und vom Pup wurden zusätzlich die LDL- und die HDL-Proben aus dem ultrazentrifugierten Serum untersucht (Abb. 22, 23, 24, 25) Um eine morphologische Gegenüberstellung der entstandenen HDL(1)- und HDL(2)-Partikel zu ermöglichen (S. 66), wurden beide Fraktionen wieder addiert und in einem Schnitt mikroskopiert.

Unter Berücksichtigung der verwendeten Vergrößerungen (S. 41) wurden folgende Partikelgrößen gefunden:

Tab. 12 Partikelgrößen

Material	Muttertier min/max [nm]	Pup min/max [nm]	Weanling min/max [nm]	Mensch ¹ [nm]
Serum	30 - 220	30 - 190	38 - 600	
LDL-Probe	25 - 160	30 - 125	—	10 - 30
HDL(1/2)-Probe	100 - 400	100 - 300	—	< 10

¹nach AUFENANGER und KATTERMANN in: GREILING/GRESSNER Lehrbuch der Klinischen Chemie und Pathobiochemie, Schattauer, 3. Auflage, S 324

In den Abbildungen werden die dargestellten Partikel durch Großbuchstaben bezeichnet und im Text beschrieben.

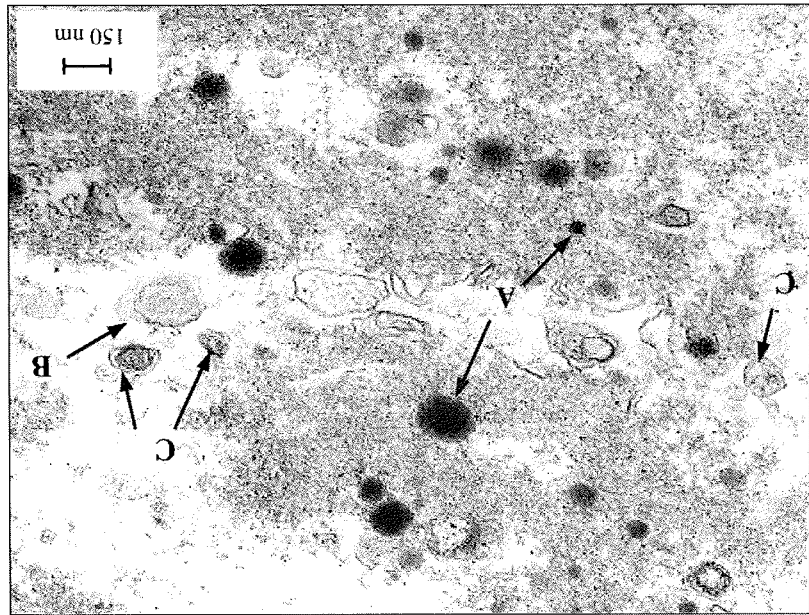


Abb. 19 Bluts Serum, Mutterter, 14. Tag post partum (66739-fach).

Die Partikel in Abb. 19 (Serum, Mutterter) weisen eine Größe von 30-220 nm auf. Gemessen an den beim Menschen bekannten Partikelgrößen (Tab. 1, S. 16) sind die hier abgebildeten Partikel hauptsächlich der VLDL-Fraktion zuzuordnen. Partikel mit einer Größe von mehr als 200 nm werden entsprechend der Einteilung zu den Chylomikronen gezählt.

In der Struktur der Partikel lassen sich zwei verschiedene Erscheinungsbilder voneinander unterscheiden.

Die mit **A** bezeichneten Partikel zeigen in der Uranylacetat-Färbung eine dichte und homogene Struktur und sind in einer Größe von 30-160 nm vertreten.

Die mit **B** bezeichneten Partikel erscheinen in einer deutlich geringeren Färbung (Dichte) und weisen eine Mindestgröße von 120nm auf. Auffällig bei den B-Partikeln ist die lamelläre Struktur der Partikelhülle **C**, die sich teilweise in mehreren Schichten (max. 4) darstellt.

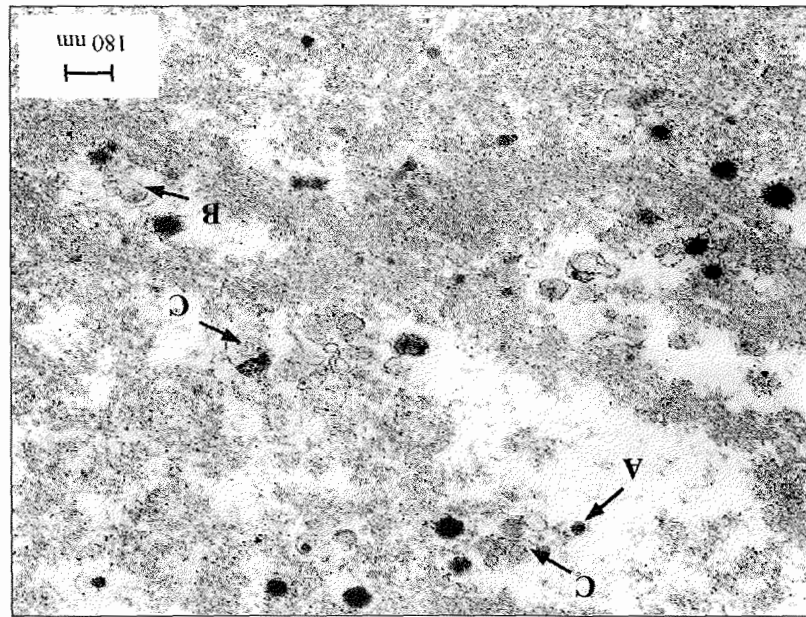


Abb. 20 Bluts Serum, Pupa, 14 Tag post partum (48766-fach)

Die Partikel in Abb. 20 (Serum, Pupa) weisen eine Größe von 40-190 nm auf. Gemessen an den beim Menschen bekannten Partikelgrößen (Tab. 1, S. 16) sind die hier abgebildeten Partikel der VLDL-Fraktion zuzuordnen.

Ähnlich dem Serum des Muttertieres lassen sich auch im Serum des Pups zwei verschiedene Typen bezüglich der Partikelstruktur voneinander unterscheiden.

Die mit **A** bezeichneten Partikel zeigen in der Uranylacetat-Färbung eine dichte homogene Struktur, während die mit **B** bezeichneten Partikel eine deutlich geringere Färbung (Dichte) aufweisen. Beide Partikeltypen sind im genannten Größenbereich (40 bis 190 nm) vertreten. Auffällig bei den B-Partikeln ist, wie in Abb. 19, die lamelläre Struktur der Partikelhülle **C**.

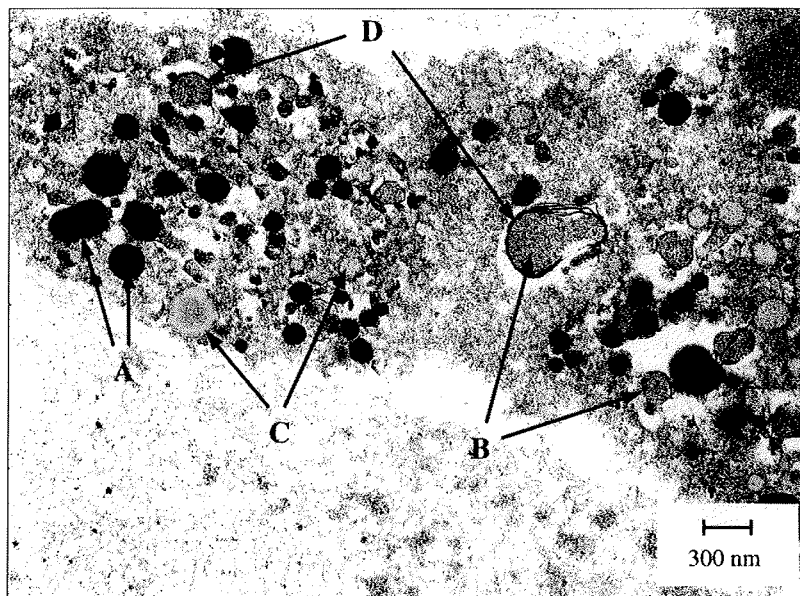


Abb. 21 Blutserum, Weanling, 20. Tag nach Laktationsende (26599-fach)

Die Partikel in Abb. 21 (Serum, Weanling) weisen eine Größe von 55-600 nm auf. Gemessen an den beim Menschen bekannten Partikelgrößen (Tab. 1, S. 16) sind die hier abgebildeten Partikel der VLDL- und Chylomikronen-Fraktion zuzuordnen.

Ähnlich den Darstellungen vom Serum des Muttertieres (Abb. 19) und des Pups (Abb. 20) lassen sich auch im Serum des Weanlings zwei verschiedene Partikeltypen beschreiben.

Die mit **A** bezeichneten Partikel zeigen in der Uranylacetat-Färbung eine dichte und homogene Struktur und sind in einer Größe von 55-450 nm vertreten.

Die mit **B** bezeichneten Partikel erscheinen in einer deutlich geringeren Färbung (Dichte) und sind in einer Größe von 75-600 nm vertreten.

Die membranartige Umhüllung der B-Partikel weist hier außerdem zwei unterschiedliche Stärken auf. Die mit **D** bezeichneten Partikelhüllen erscheinen stärker als die mit **C** bezeichneten Partikelhüllen.

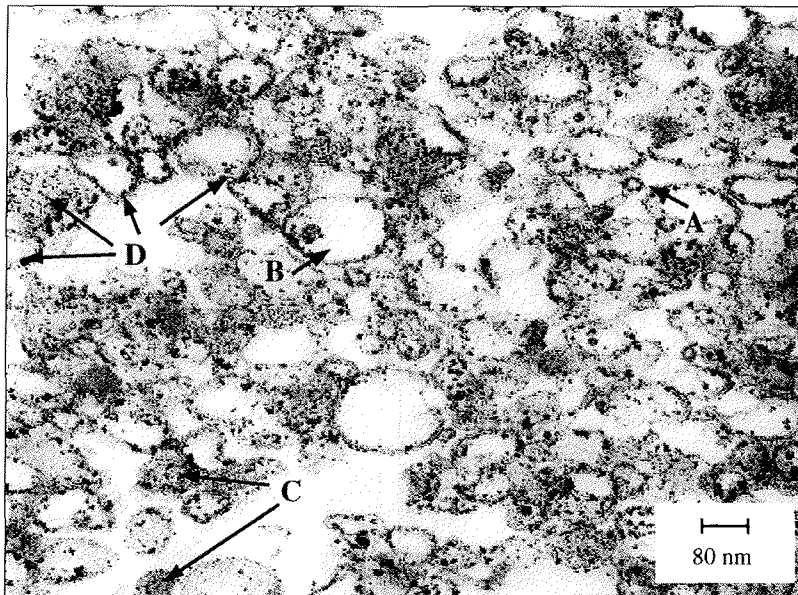


Abb. 22 LDL-Probe, Muttertier, 14. Tag post partum (124297-fach).

Die Partikel in Abb. 22 (LDL-Probe, Muttertier) weisen eine Größe von 25 nm (**A**) bis 130nm (**B**) auf. Gemessen an den beim Menschen bekannten Partikelgrößen (Tab. 1, S. 16) sind die hier abgebildeten Partikel zum Teil der LDL-Fraktion (<30 nm), aber auch der VLDL-Fraktion (>30nm) zuzuordnen.

Ähnlich den Darstellungen der Serumproben (Abb. 19-21) lassen sich auch in den LDL-Proben zwei verschiedene Partikeltypen unterschiedlicher Dichte beschreiben. Die mit **A** und **B** bezeichneten Partikel scheinen „leer“ zu sein, während die mit **C** bezeichneten Partikel eine nicht homogene Färbung (Dichte) aufweisen.

Unabhängig von der Partikelgröße fallen sehr kleine Körperchen (**D**) hoher Dichte und mit einer Größe von 4-10 nm auf. Diese kommen sowohl innerhalb der Partikel vor als auch assoziiert an die Partikelhüllen.

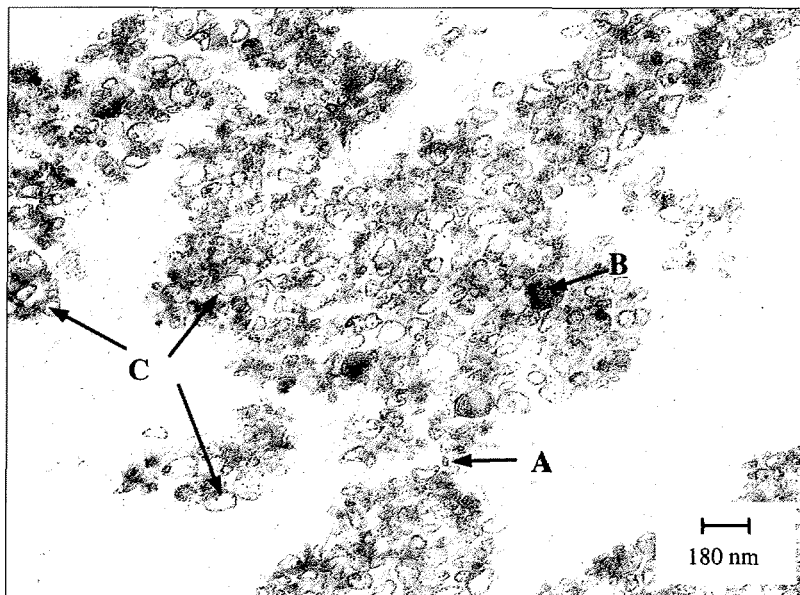


Abb. 23 LDL-Probe, Pup, 14. Tag post partum (48766-fach)

Die Partikel in Abb. 23 (LDL-Probe, Pup) weisen eine Größe von 30 nm (A) bis 125 nm (B) auf. Gemessen an den beim Menschen bekannten Partikelgrößen (Tab. 1, S. 16) sind die hier abgebildeten Partikel jedoch größtenteils der VLDL-Fraktion (>30nm) zuzuordnen.

Ähnlich den Darstellungen der Serumproben (Abb. 19-21) und der LDL-Probe des Muttertieres (Abb. 22) lassen sich auch in der LDL-Probe des Pups zwei verschiedene Partikeltypen unterschiedlicher Dichte beschreiben. Die mit C bezeichneten Partikel scheinen „leer“ zu sein, während die mit B bezeichneten Partikel eine nicht homogene Färbung (Dichte) aufweisen.

Die in Abb. 22 beschriebenen kleinen Körperchen sind trotz der vorliegenden schwächeren Vergrößerung auch in Abb. 23 zu erkennen.

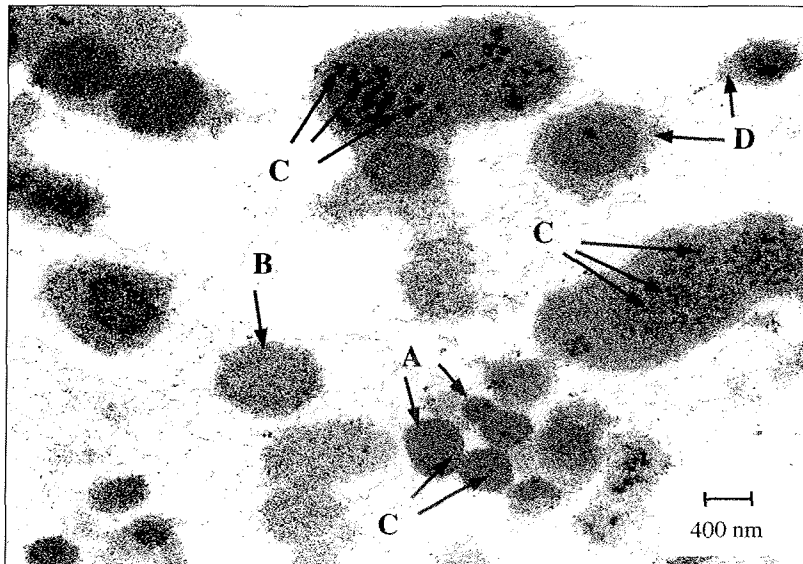


Abb. 24 HDL(1)+(2)-Probe, Muttertier, 14. Tag post partum (20080-fach).

Die in Abb. 24 dargestellten Strukturen (HDL(1)+(2)-Probe, Muttertier) zeigen vier verschiedene Formen und Dichten.

Die mit **A** bezeichneten Partikel weisen eine Größe von ca. 300-400 nm auf. In den **A**-Partikeln fallen unabhängig von ihrer Größe granulaartige Körperchen (**C**) hoher Dichte mit einer Größe von ca. 25-100 nm auf.

Partikel mit der Bezeichnung **B** zeigen eine niedrigere Dichte als die **A**-Partikel und haben eine Größe von ca. 400-800 nm. Die **C**-Körperchen sind bei den **B**-Partikeln nicht zu finden.

In einigen Fällen sind die mit **A** bezeichneten Partikel mit einem saumartigen Rand (**D**) niedrigerer Dichte umgeben. Dieser Rand hat eine Breite von etwa 100-350 nm.

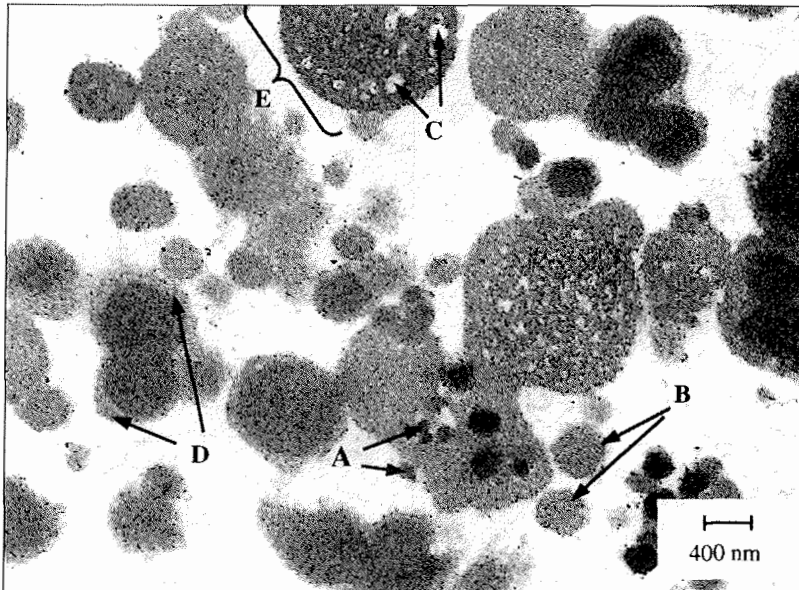


Abb. 25 HDL(1)+(2)-Probe, Pup, 14. Tag post partum (20080-fach)

Die in Abb. 25 dargestellten Strukturen zeigen folgende Formen und Dichten:

Die mit **A** bezeichneten Partikel zeigen bei einer Größe von 125-600 nm die höchste Dichte in der Uranylacetatfärbung. Wie in Abb. 24 sind die **A**-Partikel in einigen Fällen von einem saumartigen Rand (**D**) niedrigerer Dichte umgeben, der eine Breite von etwa 50-200 nm hat.

Partikel mit der Bezeichnung **B** zeigen eine niedrigere Dichte als die **A**-Partikel und haben eine Größe von ca. 250-1200 nm.

Die mit **E** bezeichnete Struktur hat eine Größe von 1600 nm. Auffällig an dieser Struktur sind die vesikelartigen „leeren“ Einschlüsse (**C**) von 50-150 nm Durchmesser.

FPLC

Die Fast Protein Liquid Chromatography wurde an 4 Serumproben durchgeführt. Im Gegensatz zur Ultrazentrifugation wurden bei den FPLC-Proben die Chylomikronen nicht abgetrennt (S. 36). Die FPLC wurde an folgenden, aus vollständigen Profilen stammenden Proben (Tab. 7, S. 48) durchgeführt:

1. von einem laktierenden Muttertier, 14. Tag post partum (Abb. 26)
2. von einem Pup, 14. Tag post partum (Abb. 27)
3. von einem Weanling, 15. Tag nach Absetzen (Abb. 28)
4. von einem adulten Weibchen während der Häutungsphase, 2. Tag nach Häutungsbeginn (Abb. 29)

In jeder der insgesamt 160 eluierten Fraktionen (40 Fraktionen je Serumprobe, S. 40) wurde der Cholesteringehalt gemessen ($\mu\text{g}/\text{Fraktion}$).

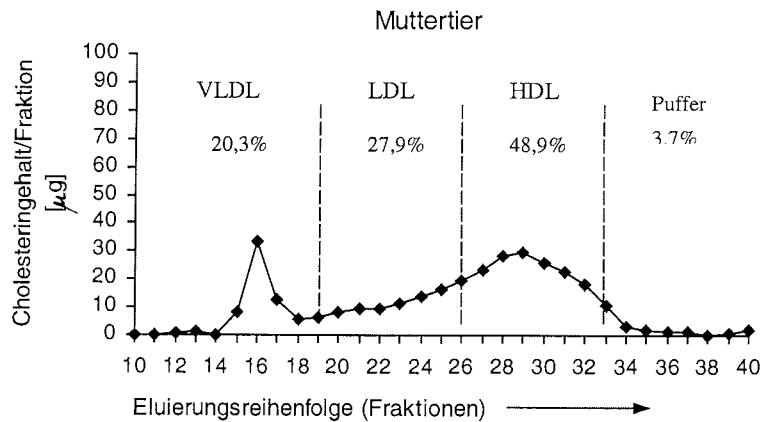


Abb. 26 FPLC-Profil eines laktierenden Muttertieres am 14. Tag post partum.

ERGEBNISSE

Die Cholesterinkonzentration (TC) der in Abb. 26 dargestellten Probe beträgt 345 mg/dl ($345\mu\text{g}/100\mu\text{l}$). Die Summe der in den FPLC-Fractionen gemessenen Cholesteringehalte beträgt 324,7 μg (FrC). Da das eingesetzte FPLC-Probenvolumen 100 μl beträgt, kann die Wiederfundrate an Gesamtcholesterin (Recovery) direkt aus dem Quotienten FrC/TC errechnet werden und beträgt bei der Muttertierprobe (Abb. 26) 94,1%.

Im Diagramm ist das FPLC-Profil einschließlich der prozentualen Verteilung des Cholesteringehaltes (FrC) dargestellt.

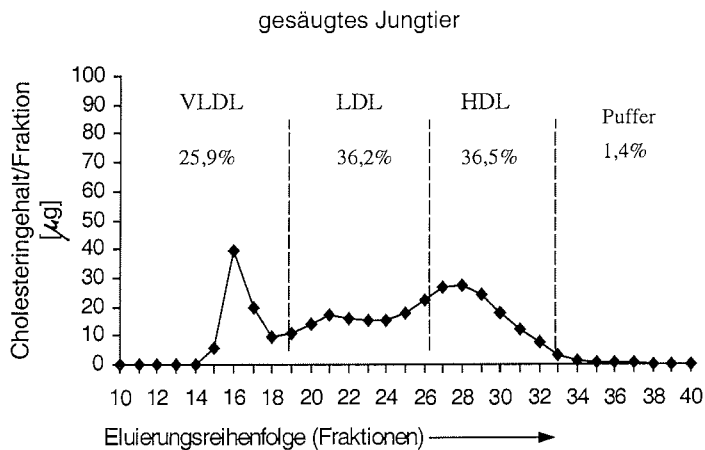


Abb. 27 FPLC-Profil, gesäugtes Jungtier (Pup), 14. Tag post partum

Die Cholesterinkonzentration (TC) der in Abb. 27 dargestellten Probe (Pup) beträgt 331 mg/dl ($331\mu\text{g}/100\mu\text{l}$). Die Summe der in den FPLC-Fractionen gemessenen Cholesteringehalte beträgt 326,4 μg (FrC). Das Recovery beträgt 98,6%.

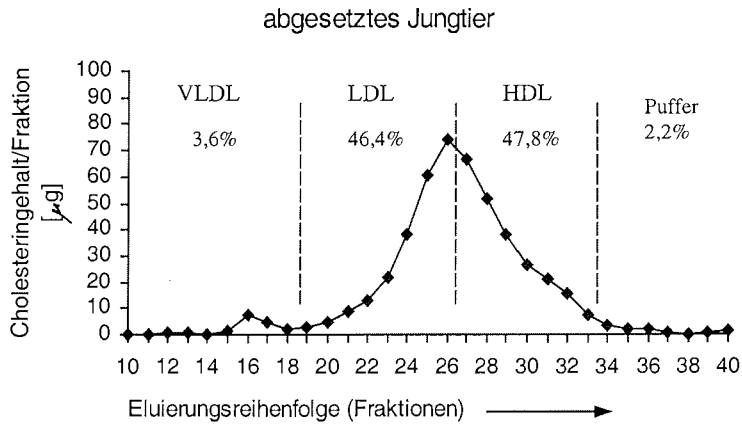


Abb. 28 FPLC-Profil, abgesetztes Jungtier (Weanling), 15. Tag nach Absetzen

Die Cholesterinkonzentration (TC) der in Abb. 28 dargestellten Probe (Weanling) beträgt 489 mg/dl (489µg/100µl). Die Summe der in den FPLC-Fractionen gemessenen Cholesteringehalte beträgt 476,6 µg (FrC). Das Recovery beträgt 97,5%.

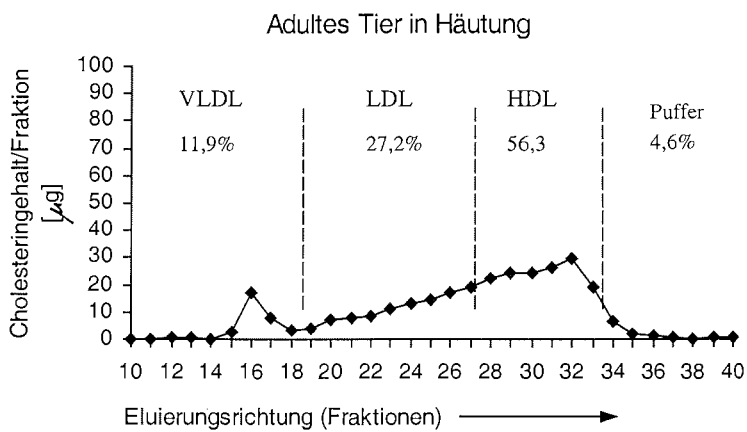


Abb. 29 FPLC-Profil, adultes Tier, 2. Tag nach Häutungsbeginn

ERGEBNISSE

Die Cholesterinkonzentration (TC) der in Abb. 29 dargestellten Probe (adultes Tier in Häutung) beträgt 329 mg/dl (329µg/100µl). Die Summe der in den FPLC-Fractionen gemessenen Cholesteringehalte beträgt 292,72 µg (FrC). Das Recovery beträgt 89,0%.

In Tabelle 13 werden die in der FPLC-Fraktionierung gemessenen Cholesteringehalte mit der prozentualen Verteilung auf die Lipoproteinklassen und der jeweiligen Wiederfundrate (Recovery) wiedergegeben.

Tab. 13 Cholesteringehalte und Recovery bei FPLC-Fraktionierung

	VLDL [%]	LDL [%]	HDL [%]	Puffer [%]	Recovery [%]
laktierendes Muttertier	20,3	27,9	48,9	3,7	94,1
Pup	25,9	36,2	36,5	1,4	98,6
Weanling	3,6	46,4	47,8	2,2	95,5
adultes Tier in Häutung	11,9	27,2	56,3	4,6	89
$\bar{X} \pm SE$	15,4 ± 9,76	34,3 ± 8,97	47,5 ± 8,17	3,0 ± 1,44	94,3 ± 4,32

Wie in Tab. 13 dargestellt, enthalten die im HDL-Bereich eluierten Fraktionen bei allen Proben (eine Probe aus jeder Gruppe) den höchsten Cholesterinanteil. Der LDL-Anteil folgt vor dem VLDL-Anteil. Im Eluat (Puffer) verblieben im Durchschnitt 3% des Cholesterins.

Die Wiederfundrate (Recovery) in der FPLC-Fraktionierung beträgt im Durchschnitt 94,3%.

Quantitative Lipoproteinelektrophorese

Die quantitative Lipoproteinelektrophorese wurde an 8 Serumproben durchgeführt, die zur besonderen Konservierung der Lipoproteinpartikel mit Saccharose versetzt waren (s.S. 37).

Die Serumproben wurden entnommen von:

1. laktierendem Muttertier, 1. Tag post partum (**F-1**, Abb. 30)
2. laktierendem Muttertier, 14. Tag post partum (**F-14**, Abb. 31)
3. Pup, 1 Tag. post partum (**P-1**, Abb. 32)
4. Pup, 14 Tag post partum (**P-14**, Abb. 33)
5. Weanling, 1. Tag nach Laktationsende (**W-1**, Abb. 34)
6. Weanling, 14. Tag nach Laktationsende (**W-14**, Abb. 35)
7. adultem Tier in Häutung, 1. Tag der Häutung (**M-1**, Abb. 36)
8. adultem Tier in Häutung, 15. Der Häutung (**M-15**, Abb. 37)

In den Abbildungen 30-37 sind die Densitometriekurven der gescannten Elektrophorese-Gelträger dargestellt (S. 40). Die Bezeichnung der Banden und die Zuordnung zu den Lipoproteinfraktionen (Lp) erfolgt, wie in Tab. 1, S. 16 aufgeführt, gemäß der Nomenklatur. Diese bezieht sich auf definierte Positionen bzw. Wanderungseigenschaften der Lipoproteine im elektrischen Feld (auf dem Gelträger). Das Scannerprogramm (S. 40) errechnet die Prozentanteile der Lipoproteine in Anlehnung an das typische (physiologische) Profil einer Lipoproteinelektrophorese beim Menschen, wobei eine begrenzte Variabilität in der Breite und Position der Banden berücksichtigt wird.

In den Abbildungen werden die per Definition vorgegebenen Lipoproteinpositionen beim Menschen durch eine runde Markierung auf der Wanderungsachse (X-Achse) gekennzeichnet. Die Pfeile hingegen weisen auf die vom Scannerprogramm errechneten Maxima der hier detektierten Lipoproteinfraktionen und deren Anteile am Serumcholesteringehalt hin. Die Fraktionen sind mit dem Zusatz *ML* für *Mirounga leonina* versehen (z.B. α_{ML}).

Die in den Abbildungen genannten Prozentangaben entsprechen der Verteilung des Serumcholesterins in den Lipoproteinfraktionen. In Tabelle 14 (S. 86) werden die arithmetischen Mittelwerte (\bar{X}), Minimum, Maximum und die Standardfehler (SE) der jeweiligen Lipoproteinfraktionen wiedergegeben.

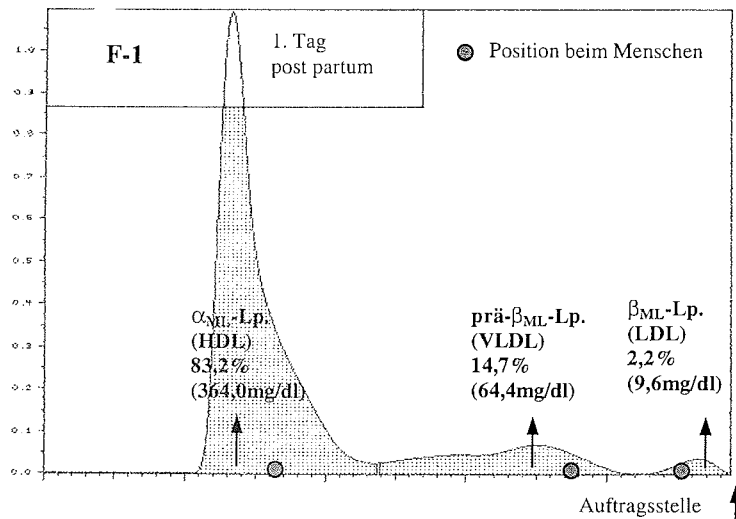


Abb. 30 Laktierendes Muttertier, 1. Tag post partum. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 438 mg/dl.

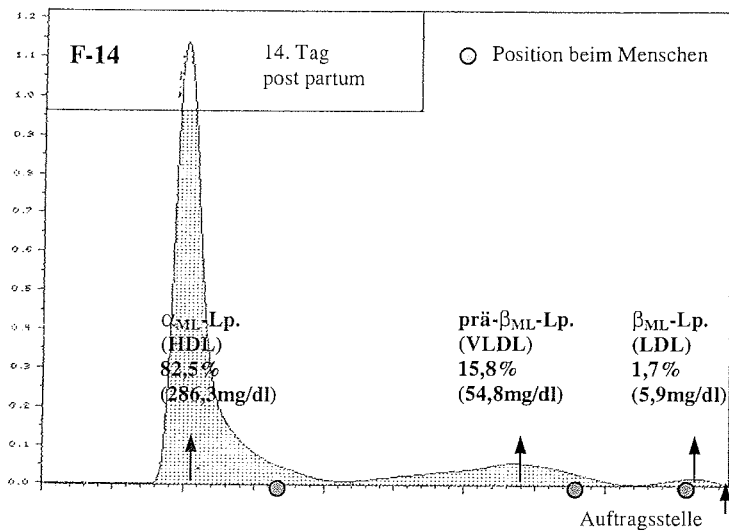


Abb. 31 Laktierendes Muttertier, 14. Tag post partum. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 347 mg/dl)

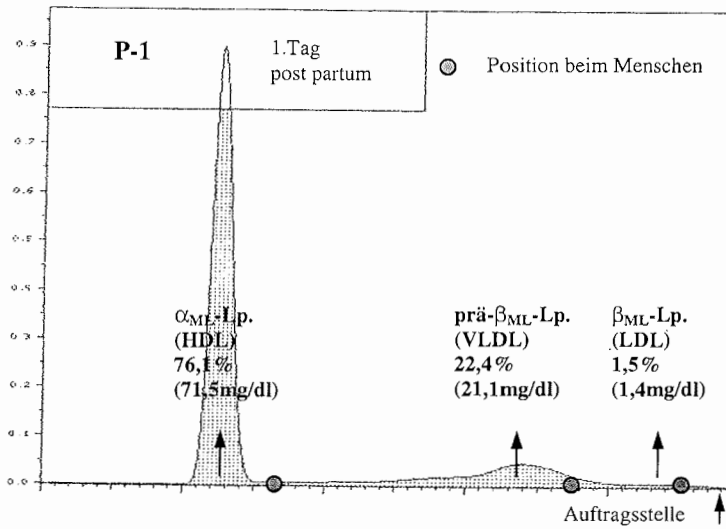


Abb. 32 Pup, 1. Tag post partum. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 94 mg/dl)

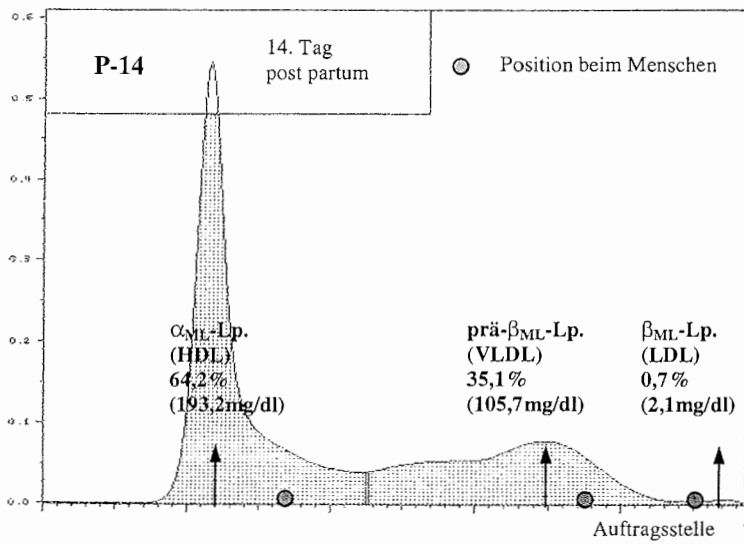


Abb. 33 Pup, 14. Tag post partum. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 301 mg/dl.

ERGEBNISSE

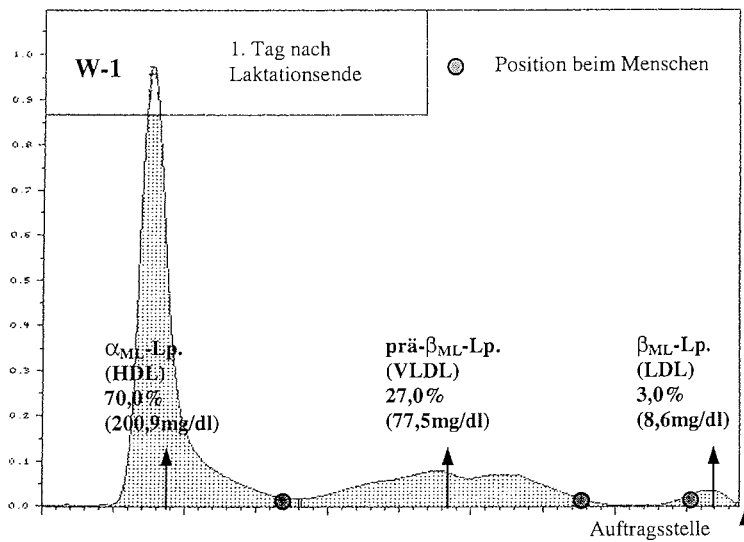


Abb. 34 Weanling, 1. Tag nach Laktationsende. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 287 mg/dl.

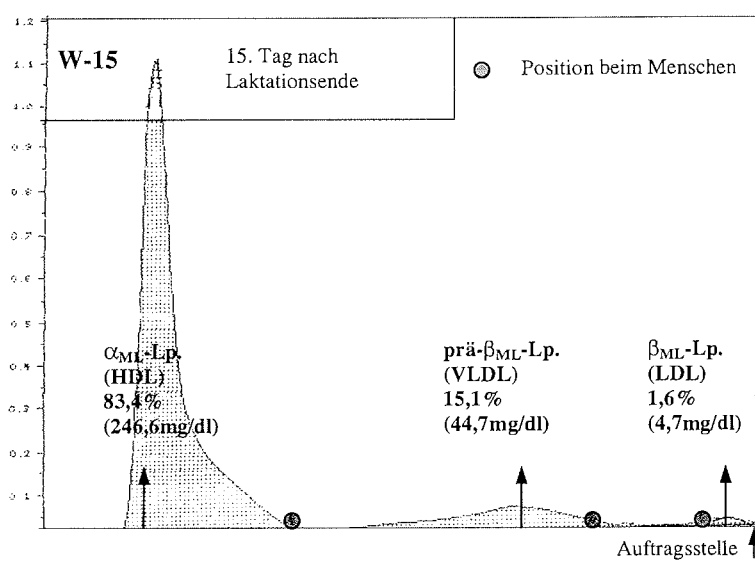


Abb. 35 Weanling, 15. Tag nach Laktationsende. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 296 mg/dl.

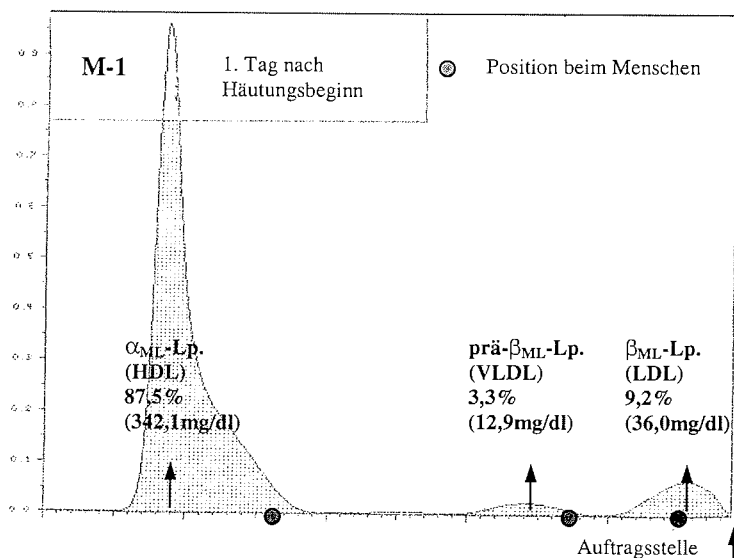


Abb. 36 Adultes Tier in Häutung, 1. Tag nach Häutungsbeginn. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 391 mg/dl.

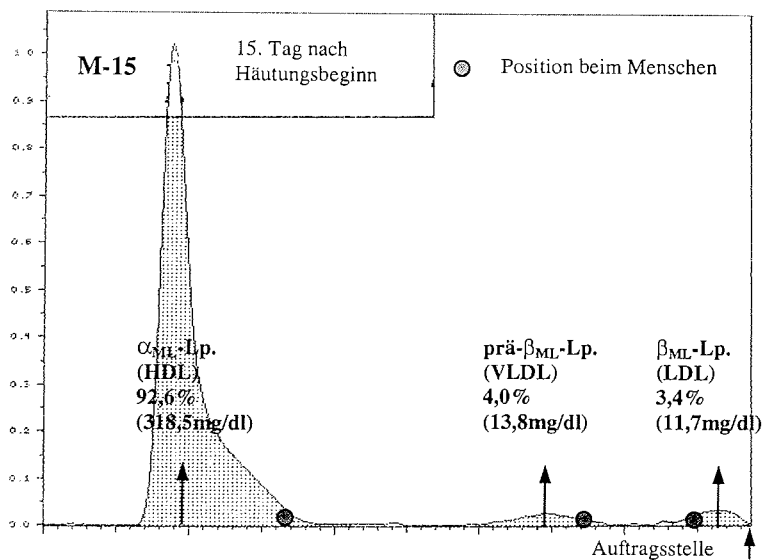


Abb. 37 Adultes Tier in Häutung, 15. Tag nach Häutungsbeginn. Die Serumcholesterinkonzentration beträgt 344 mg/dl.

Tab. 14 Lipoproteinelektrophorese, Überblick

	prä- β -Lipopr. (VLDL) [%]	β -Lipopr. (LDL) [%]	α -Lipopr. (HDL) [%]
min-max	3,3 - 35,1	0,7 - 9,2	64,2 - 92,6
\bar{X}	17,2	3,2	79,9
SE	10,85	2,73	9,32

Bei den 8 Lipoproteinelektrophoreseproben können unabhängig von der untersuchten Gruppe (F, P, W oder M) und dem Zeitpunkt der Probennahme (P-1, P-4,...) 3 unterschiedliche Fraktionen beschrieben werden. Entsprechend der Methodik der quantitativen Lipoproteinelektrophorese ist die jeweilige Cholesterinkonzentration direkt proportional zum detektierten Lipoproteinanteil. Die jeweiligen Cholesterinkonzentrationen sind in den Abbildungen angegeben.

Die mit α_{ML} bezeichneten Fraktionen dominieren bei allen Elektrophoresen und nehmen im Durchschnitt (\bar{X}) einen Anteil von 79,9% der detektierten Gesamtfläche, und damit des Serumcholesterins, ein. Im elektrischen Feld zeigt diese Fraktionen bei allen Untersuchungen eine ähnliche Mobilität wie humane α -Lipoproteine. Aufgrund der Zuordnung von α -Lipoprotein zu HDL-Lipoprotein, haben die HDL- Lipoproteine einen durchschnittlichen Anteil von 79,9%.

Die mit prä- β_{ML} bezeichneten Fraktionen nehmen im Durchschnitt (\bar{X}) einen Anteil von 17,2% der Gesamtfläche (des Serumcholesterins) ein. Diese Fraktion zeigt außer bei **W-1** (Abb. 82) bei allen Untersuchungen eine ähnliche Mobilität wie humane prä- β -Lipoproteine. Dies entspricht einem durchschnittlichen VLDL-Anteil von 17,2%.

Die mit β_{ML} bezeichneten Fraktionen nehmen im Durchschnitt (\bar{X}) einen Anteil von 3,2% der Gesamtfläche (des Serumcholesterins) ein. Diese Fraktion zeigt bei allen Untersuchungen eine ähnliche Mobilität wie humane prä- β -Lipoproteine. Dies entspricht einem durchschnittlichen LDL-Anteil von 3,2%.

High Performance Liquid Chromatography (Vitamin E)

Ergänzend zu den auf Seite 64 dargestellten Konzentrationsverläufen des α -Tocopherols (Abb. 17a – 17d) werden in den folgenden Abbildungen (38-43) 8 dieser Serumproben als vollständige HPLC-Analyse wiedergegeben. Folgende Proben wurden verwendet:

1. Laktierendes Muttertier, 1. Tag post partum (Abb. 38)
2. Laktierendes Muttertier, 14. Tag post partum (Abb. 39)
3. Pup, 1.Tag post partum (Abb.40)
4. Pup, 14.Tag post partum (Abb.41)
5. Weanling, 1. Tag nach Laktationsende (Abb. 42)
6. Weanling, 15. Tag nach Laktationsende (Abb. 43)
7. Adultes Tier in Häutung, 1. Tag nach Häutungsbeginn (Abb. 44)
8. Adultes Tier in Häutung, 8. Tag nach Häutungsbeginn (Abb. 45)

Während der Detektion werden zunächst 2 Injektionspeaks verzeichnet, die in den Diagrammen mit **IP** bezeichnet werden. Diese sind technisch bedingt und bei der Berechnung bedeutungslos.

Nach 7,82 – 7,97 min erscheint der Peak des mitgeführten Standards (α -Tocopherol). Dieser wird im Diagramm mit **SP** bezeichnet. Aus der Höhe und aus der Retentionszeit dieses Peaks errechnet sich die Fläche, die als Referenz für die Konzentrationsberechnung der Tocopherole aus den Peaks benötigt wird.

Nach 10,35 – 10,6 min erscheint der mit dem humanen Profil übereinstimmende α -Tocopherol-Peak (**α P**). Mit Hilfe des α -Tocopherol-Standards kann die Konzentration des α - berechnet werden (Tab. 15).

Nach ca. 9,2 - 9,24 min erscheint der mit dem humanen Profil übereinstimmende γ -Tocopherol-Peak (**γ P**). Zwischen diesem und dem Standardpeak (nach 8,2 – 8,83 min) erscheint bei allen Proben ein weiterer Peak, der den γ -Peak teilweise oder vollständig überlagert. Da der mitgeführte Standard für die Konzentrationsberechnung dieses fraglichen Tocopherols nicht verwendet werden kann, werden diese Peaks in den Abbildungen zunächst mit γ_{ML} bezeichnet (analog der Lipoproteinelektrophorese).

Zum Vergleich der vorgefundenen Retentionszeiten der Tocopherol-Peaks werden diese in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tab. 15 Retentionszeiten von Tocopherolpeaks

Altersgruppe	[d]	Retentionszeit [min]					α -Tocoph. [mg/l]
		IP ¹	SP ²	γ_{ML} -Peak	γ -Peak	α -Peak	
Muttertier	1	X ⁵	7,96	8,8	9,23	10,59	5,32
	14	X	7,96	8,83	9,2	10,59	4,16
Pup	1	X	7,97	8,82	9,21	10,59	3,39
	14	X	7,97	8,82	überlagert	10,6	22,52
Weanling	1	X	7,9	8,74	überlagert	10,48	16,06
	15	X	7,9	8,75	überlagert	10,5	17,33
in Häutung	1	X	7,9	8,75	9,24	10,5	5,8
	8	X	7,82	8,64	überlagert	10,35	19,02

^{1/5}Injektionspeak (2x), X markiert vorhandenen Injektionspeak, dient der Kontrolle der HPLC-Anlage
²Peak des Standards

Da bei jeder Untersuchung ein neuer Tocopherolstandard mitgeführt wird, unterscheiden sich die Retentionszeiten und Integrale der Standardpeaks zwangsläufig geringfügig voneinander.

Der fragliche γ_{ML} -Peak tritt bei allen Untersuchungen auf. Die durchschnittliche Retentionszeit dieses Peaks beträgt $8,77 \pm 0,06$ min ($\bar{X} \pm SE$). Die Retentionszeit des α -Peaks beträgt $10,53 \pm 0,09$ min ($\bar{X} \pm SE$). Der γ -Peak wird viermal durch den γ_{ML} -Peak überlagert. Die Retentionszeit der vorhandenen γ -Peaks beträgt im Durchschnitt $9,22 \pm 0,02$ min ($\bar{X} \pm SE$).

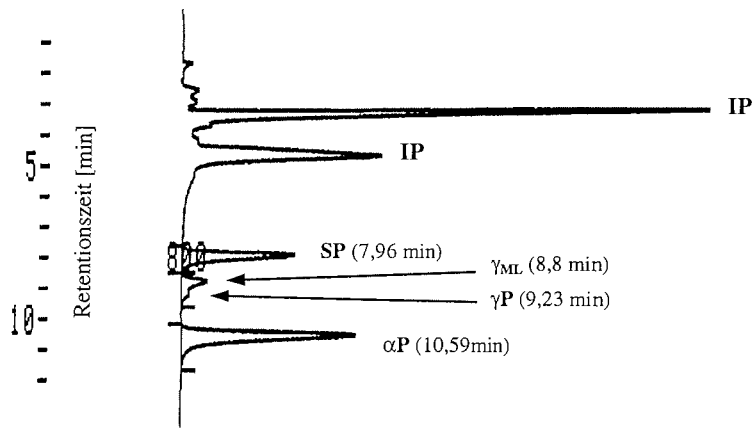


Abb. 38 Laktierendes Muttertier, 1. Tag post partum. α_{ML} -Tocopherol beträgt 5,32 mg/l. Kurz vor dem γ -Tocopherol-Peak (γP , 9,23 min) erscheint ein weiterer Peak (γ_{ML} , 8,8 min).

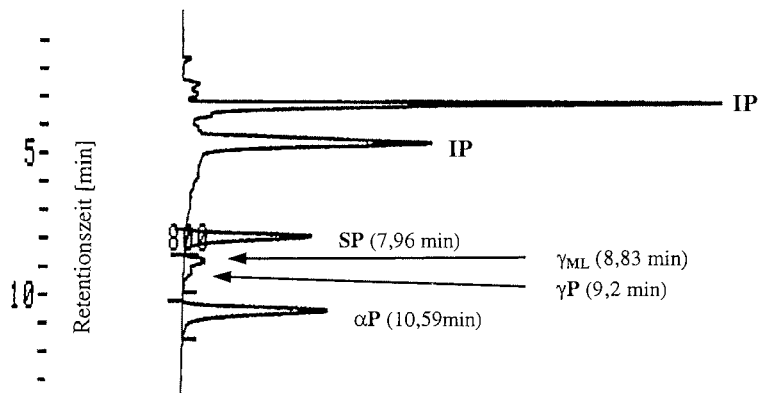


Abb. 39 Laktierendes Muttertier, 14. Tag post partum. α_{ML} -Tocopherol beträgt 4,16 mg/l. Kurz vor dem γ -Tocopherol-Peak (γP , 9,2 min) erscheint ein weiterer Peak (γ_{ML} , 8,83 min).

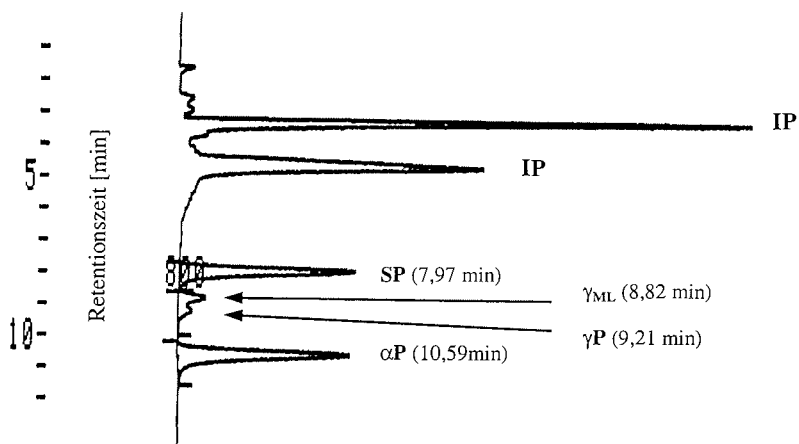


Abb. 40 Jungtier (Pup), 1. Tag post partum. α_{ML} -Tocopherol beträgt 3,39 mg/l. Kurz vor dem γ -Tocopherol-Peak (γP , 9,21 min) erscheint ein weiterer Peak (γ_{ML} , 8,82 min).

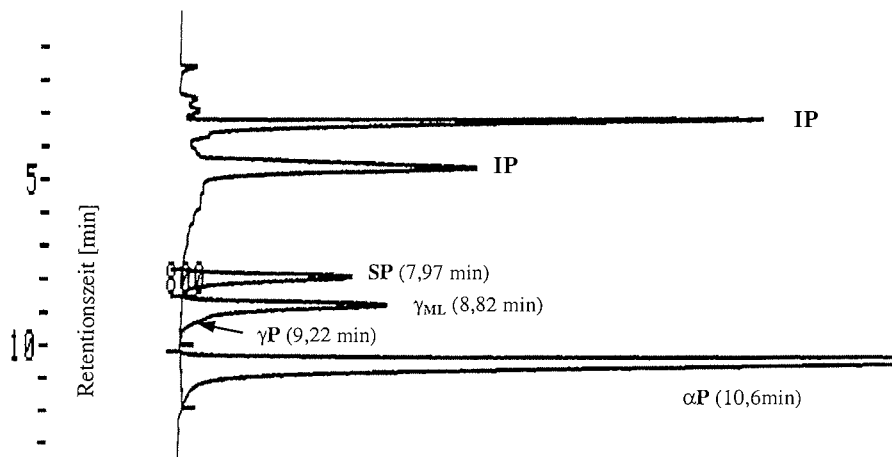


Abb. 41 Jungtier (Pup), 14. Tag post partum. α_{ML} -Tocopherol beträgt 22,52 mg/l. Der γ -Tocopherol-Peak (γP , 9,22 min) wird durch den vorhergehenden γ_{ML} -Peak (γ_{ML} , 8,82 min) fast vollständig überlagert.

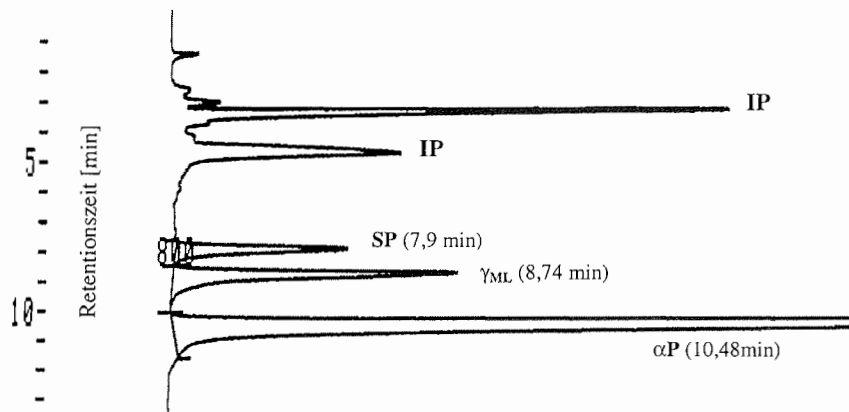


Abb. 42 Weanling, 1. Tag nach Laktationsende. α_{ML} -Tocopherol beträgt 16,06 mg/l. Der γ_{ML} -Peak (γ_{ML} , 8,74 min) überlagert γP vollständig.

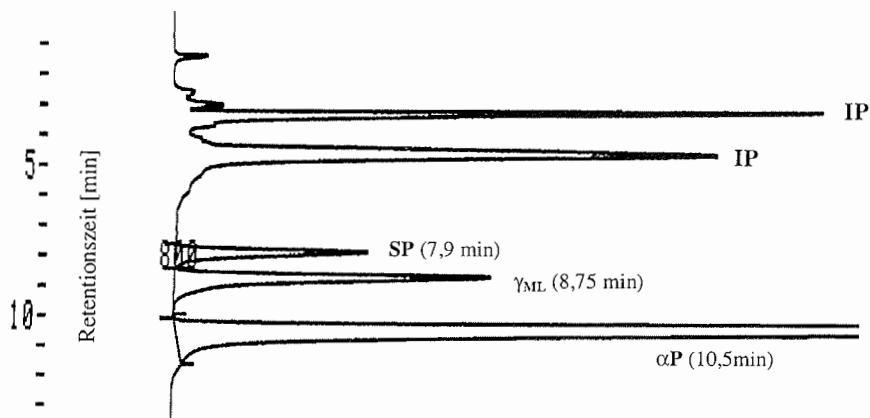


Abb. 43 Weanling, 15. Tag nach Laktationsende. α_{ML} -Tocopherol beträgt 17,33 mg/l. Der γ_{ML} -Peak (γ_{ML} , 8,75 min) überlagert γP vollständig.

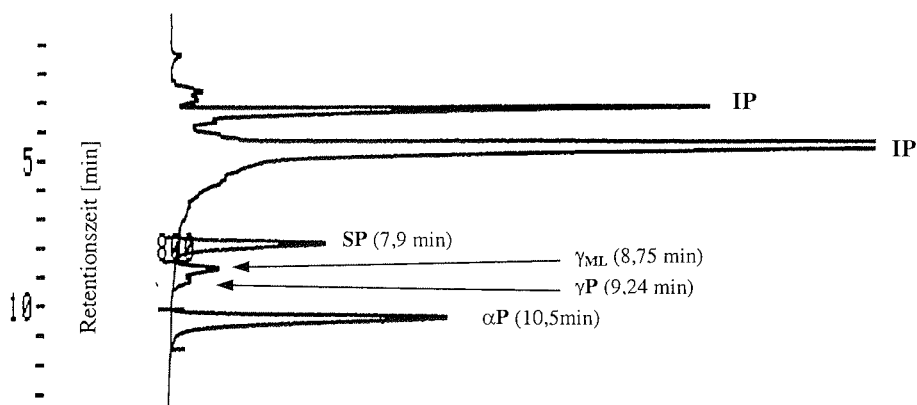


Abb. 44 Adultes Tier in Häutung, 1. Tag nach Häutungsbeginn. α_{ML} -Tocopherol beträgt 5,8 mg/l. Kurz vor dem γ -Tocopherol-Peak (γP , 9,24 min) erscheint ein weiterer Peak (γ_{ML} , 8,75 min).

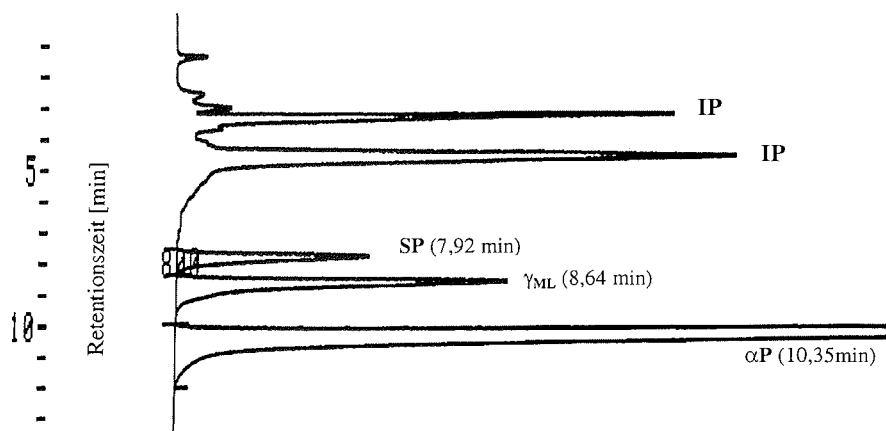


Abb. 45 Adultes Tier in Häutung, 8. Tag nach Häutungsbeginn. α_{ML} -Tocopherol beträgt 19,02 mg/l. Der γ_{ML} -Peak (γ_{ML} , 8,64 min) überlagert γP vollständig.

Statistische Ergebnisse

In der folgenden Übersicht wird zusammenfassend dargestellt, welche p -Werte (des Kendall'schen Konkordanzkoeffizienten W und des Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten r_s) der untersuchten Serumparameter (Konzentrationsprofile, Abb. 9a – 17d, S. 57-65) unterhalb von 0,05 liegen. p -Werte über 0,05 werden mit einem Querstrich angegeben.. Signifikanz im Sinne der explorativen Analyse ist bei $p < 0,05$ gegeben.

Tab. 16 Statistische Übersicht

Parameter	p -Wert	untersuchte Gruppe			
		Muttertiere	Pups	Weanlings	in Häutung
Ges.Chol.	¹ $P(W)$	< 0,05	< 0,05	-	-
	² $P(r_s)$	< 0,05	< 0,05	-	-
freies Chol.	$P(W)$	< 0,05	< 0,05	-	-
	$P(r_s)$	< 0,05	< 0,05	-	-
Chol.-ester	$P(W)$	< 0,05	< 0,05	-	-
	$P(r_s)$	< 0,05	< 0,05	-	-
Phosphol.	$P(W)$	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-
	$P(r_s)$	< 0,05	< 0,05	-	-
Triacylg.	$P(W)$	< 0,05	< 0,05	-	-
	$P(r_s)$	-	-	-	-
freie Fetts.	$P(W)$	< 0,05	-	-	-
	$P(r_s)$	< 0,05	-	-	-
β -HBA	$P(W)$	< 0,05	-	< 0,05	-
	$P(r_s)$	< 0,05	-	< 0,05	-
Glukose	$P(W)$	< 0,05	-	< 0,05	-
	$P(r_s)$	-	-	-	-
α -Tocoph.	$P(W)$	< 0,05	-	-	-
	$P(r_s)$	< 0,05	-	-	-

¹ P -Wert des Kendall'schen Konkordanzkoeffizienten $p(W)$

² P -Wert des spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten $p(r_s)$

Diskussion

Handhabung und Narkose

Invasive Untersuchungen, einschließlich der Messung des Körpergewichts, setzen bei wildlebenden adulten See-Elefanten eine Immobilisierung voraus. Hierbei stellt die sichere, tierschonende und feldmethodisch praktikable Methodik eine unabdingbare Grundvoraussetzung dar. Die in der Zoo- und Wildtierforschung allgemein bewährte Distanzimmobilisation (GÖLTENBOTH 1995, HATLAPA und WIESNER 1982) sollte nach Möglichkeit auch bei den See-Elefanten eingesetzt werden, um Störungen im natürlichen Verhalten der Tiere auf ein Minimum zu reduzieren. Insbesondere die bei Mutter- und Jungtieren wiederholt durchgeführten Untersuchungen durften nicht zu einer nachhaltigen Störung des Laktationsgeschehens führen. Zu bedenken war außerdem, daß die bei nicht-narkotisierten (gestreßten) Zoo- und Wildtieren durchgeführten Blutserumanalysen in ihrer Aussagekraft erheblich beeinträchtigt werden. (LOOMIS *et al.* 1980, DREVEMO und KARSTAD 1974).

Für den Narkoseverlauf beim Südlichen See-Elefanten war nicht allein die Wahl des Narkotikums, sondern auch die Methodik der Applikation (S. 30) von entscheidender Bedeutung. Die Immobilisationsmethode mußte an die jeweils untersuchte Altersgruppe und an die jeweilige Feldsituation (Lage der Tiere, Lufttemperatur, Windstärke und -richtung) angepaßt und zum Teil erheblich variiert werden.

Immobilisation von Muttertieren

Die Probengewinnung beim Mutter- und Jungtier erforderte durch die direkte Nähe der Fortpflanzungsharems und des leicht erregbaren Haremsbullens ein Höchstmaß an Vorsicht und stellte besondere Anforderungen an das Zusammenwirken der Untersucher.

Die nach Methode 1a (S. 30) über ein Injektionssystem durchgeführte Applikation (RYDING 1982) konnte durch das manuelle Vorgehen am genauesten überwacht werden und stellte apparativ den niedrigsten Aufwand dar. Bei dieser Methode mußte die Person jedoch für mindestens 20-30 Sekunden am Tier bleiben. Durch die unmittelbare Nähe anderer Muttertiere konnte dies zu einer gefährlichen Situationen für den Untersucher und zu einer schwierigen Narkose beim Tier führen.

Die nach Methode 1b (S. 30) mit einer selbstentladenden Spritze durchgeführte Applikation erlaubte ein wesentlich schnelleres Entfernen vom Tier. Die automatische Injektion konnte aus sicherer Entfernung beobachtet werden. Da das Spritzenprojektil, ebenso wie bei Methode 1a, nicht verschossen wurde, mußte bei den niedrigen Umgebungstempera-

turen (bis minus 20°C) nicht mit dem Gefrieren der Injektionslösung im Flug gerechnet werden. Die direkte Annäherung an das Tier war wie bei Methode 1a dennoch notwendig.

Das nach Methode 1c (S. 30) mit einem Luftdruckgerät applizierte Spritzenprojektil bot für das untersuchte Tier den geringsten Streß und für den Untersucher die geringste Gefahr. Dieses Vorgehen entspricht der allgemein üblichen Methode in der Wildtierimmobilisation (GÖLTENBOTH 1995), erwies sich jedoch im polaren Untersuchungsgebiet als sehr stör anfällig. Die Ballistik des Spritzenprojektils, welches mit 20ml Injektionslösung beladen war, wurde durch den Wind und besonders durch die niedrige Umgebungstemperatur (Gefrieren) stark beeinträchtigt. Mitunter führte die Volumenzunahme der sofort gefrierenden Injektionslösung bereits im Lauf des Abschlußgerätes zum Steckenbleiben des Spritzenprojektils. Ein zielgenaues Treffen war aufgrund des Spritzengewichtes und der zu durchdringenden Fettschicht eines adulten See-Elefanten (Sonderanfertigung der Kanüle, Telinjekt®) lediglich aus Distanzen von max. 10 Metern möglich.

Bei laktierenden Muttertieren wurde aufgrund seiner großen therapeutischen Breite (RYDING 1982) ausschließlich das Analgetikum Ketamin verwendet. Die in der Literatur beschriebenen Exitationserscheinungen (GERACI *et al.* 1981) wurden in einigen Fällen beobachtet. Dennoch wurde auf die zusätzliche Verwendung eines muskelrelaxierenden oder sedierenden Arzneimittels (Xylazin oder Diazepam) verzichtet, um das Risiko lang anhaltender Apnoephasen (WOODS *et al.* 1994) auszuschließen.

Die Dosierung des Narkotikums mußte für eine Immobilisationsdauer von ca. 30 min ausreichen, um die Wägung und die Blutentnahme (aus der Extraduralvene) durchführen zu können (ca. 30 min Wägung, ca. 30 sek Blutentnahme). Hierbei war zu bedenken, daß aufgrund der Wirkungsweise des Ketamins die analgetische Wirkung früher nachläßt als die hypnotische Wirkung. Aus diesem Grunde wurde die Blutentnahme (Hautpunktion) vor der Wägung durchgeführt.

Eine Unterdosierung konnte durch ungenaue Platzierung des Projektils (nicht intramuskuläre Injektion bei Methode 1c), durch Fehleinschätzung des Körpergewichts oder durch unvollständige Entladung des Projektils (durch Gefrieren während des Schusses, Methode 1c) verursacht werden. Durch starke Erregung des untersuchten Tieres konnte eine relative Unterdosierung verursacht werden.

Eine Überdosierung konnte, verursacht durch zu frühzeitiges Nachdosieren oder durch Fehleinschätzung des Körpergewichts, zu Nebenwirkungen wie Exitation und „Hang Over“ führen. Im frühen Stadium der Laktation bestand bei Überdosierung (Muttertier) außerdem die Gefahr, daß die Mutter- Jungtier-Bindung unterbrochen wurde und zu einer Gefährdung des Jungtieres führte.

Während der Laktationszeit war der durchschnittliche Verbrauch an Ketamin bei der Methode 1a (bei annähernd gleicher Narkosedauer) etwas höher als bei den Methoden 1b und 1c (Tab. 10, S. 50). Dies könnte auf den erhöhten Streß des Tieres durch die Methode zurückzuführen sein. Als sicherer Beleg kann dies jedoch nicht gewertet werden, da die ständig wechselnden Rahmenbedingungen im Feld einen im statistischen Sinne korrekten Vergleich der Methoden nicht zulassen.

Die Wahl der Applikationsmethode (1a – 1c) muß insbesondere während der Laktationszeit den jeweiligen Randbedingungen angepaßt und der Entscheidung des erfahrenen Untersuchers vorbehalten bleiben.

Jungtiere

Gesäugte und abgesetzte Jungtiere (Pups und Weanlings) wurden aufgrund des unkalkulierbaren Narkoserisikos und aufgrund fehlender Angaben in der Literatur generell nicht narkotisiert. Beim Pup erfolgte die Probennahme und Wägung stets während der Untersuchung des narkotisierten Muttertieres, wobei das Jungtier nicht vom Muttertier getrennt wurde.

Wie in Tab. 8 (S. 49) aufgeführt, wurden die Muttertiere verendeter Jungtiere nicht mehr aufgefunden. Diese Beobachtung wurde außer bei untersuchten Mutter-Jungtierpaaren in einer Vielzahl weiterer Fälle beobachtet. Die Frage, ob primär der Laktationsabbruch oder das Verenden des Jungtieres (z.B. durch Erdrücken) eintrat, konnte nicht geklärt werden. Beim Südlichen See-Elefanten wird das Verenden von Jungtieren während der Laktationszeit als eine Erscheinung des natürlichen Fortpflanzungsgeschehens beschrieben (KING 1983). Hierbei spielt vor allem die Konstellation des Harems (Abb. 2, S. 10) eine große Rolle, da mit steigender Anzahl an Muttertieren auch die Anzahl der in den Harem eindringenden Challenger (S. 9) zunimmt, die ihrerseits vom Haremsbullen (Beachmaster) vertrieben werden. Die hierdurch im Harem erzeugte Unruhe führt in vielen Fällen zum Erdrücken von Jungtieren. In Harems von 100-150 Muttertieren und 7-8 Challengern kann die Jungtiersterblichkeit bis zu 20% betragen (BRYDEN 1968). Aus diesem Grund wurden möglichst Tiere ausgesucht, die am Rand der großen Gruppen lagen (S. 32).

Bei der Untersuchung der Weanlings ergaben sich keine der beschriebenen Komplikationen, da diese Jungtiere nach Beendigung der Laktation die Fortpflanzungsgruppen verlassen. Die Probengewinnung und die Wägung eines Weanlings erforderte 2 Personen. Um die Beunruhigung des Tieres auf ein Minimum zu beschränken, sollte die Personenzahl nicht überschritten werden.

Häutungszeit

Die Probennahme verlief während der Häutungsperiode aufgrund der veränderten Feldsituation ebenfalls einfacher als während der Laktationszeit. Es wurden ausschließlich adulte weibliche Tiere und subadulte Bullen (max. 900 kg) untersucht. Die milderen Tagestemperaturen (Januar, Februar ca. 0° bis +5° C) erlaubten grundsätzlich den Einsatz aller Applikationsmethoden (1a – 1c), sodaß die Wahl lediglich aufgrund der Lage der Tiere zueinander und ohne Berücksichtigung von Jungtieren erfolgen konnte. Da die Tiere zu dieser Zeit in einer wesentlich ruhigeren Grundstimmung waren, konnte die Applikation meist direkt (Tab.11) durchgeführt werden (Methode 1a oder 1b).

Während der Häutung zeigten die Tiere eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Ketamin (als Monopräparat). Bei vergleichbarer Dosierung zeigten die in der Häutung befindlichen Tiere (männl. und weibl.) eine höhere Excitationsneigung als laktierende Muttertiere. Um die Gefahr der Überhitzung und des daraus resultierenden Kreislaufkollapses (GALES und BURTON 1987) zu reduzieren, wurde Ketamin mit dem Anästhetikum Xylazin kombiniert. Die von WOODS *et al.* (1994) angegebenen Dosierungen (Ketamin 2,06-3,14 mg/kg, Xylazin 0,22-0,54mg/kg) erschienen zu niedrig, um invasive Untersuchungen (¹Biopsien) durchführen zu können. Hingegen weist der tödliche Narkoseverlauf bei einem Tier (Tab. 9) darauf hin, daß die Toleranz gegenüber Ketamin in Kombination mit Xylazin niedriger ist.

In 3 Fällen wurde die Narkose erstmals an freilebenden Südlichen See-Elefanten durch Anwendung des kompetitiv wirkenden Xylazin-Antagonisten Yohimbin beendet (Häutungszeit, Tab. 11). Die von BORNEMANN und PLÖTZ (1993) erstmals bei Weddellrobben (*Leptonychotes weddellii*) beschriebene Anwendung erwies sich auch beim Südlichen See-Elefanten als durchführbar. Die Aufwachphase (bis Erreichen des 1. Stadiums, S. 31) dauerte jedoch länger (\bar{X} =13,7 min) als bei Weddellrobben (\bar{X} =8min.). Dies dürfte daran liegen, daß die bei Weddellrobben angewendete ²Hellabrunner Mischung (BORNEMANN und PLÖTZ 1993) aufgrund des höheren Xylazinanteils schneller durch Yohimbin antagonisiert wird als die bei See-Elefanten verwendete Kombination (Tab. 11).

Die intramuskuläre Gabe von 0,4 mg/kg Yohimbin erwies sich im Falle des letalen Narkoseverlaufs (Tab. 9) als wirkungslos. Demnach wird das Yohimbin im Falle einer manifesten Kreislaufinsuffizienz nicht mehr ausreichend resorbiert, sodaß die Verwendung als Notfallmedikament nicht möglich erscheint.

¹Zeitgleich wurden andere Untersuchungen an See-Elefanten durchgeführt

²Hellabrunner Mischung (100mg Ketamin+125mg Xylazin/ml), benannt nach dem Münchener Zoo (HATLAPA und WIESNER 1982)

Um eine bessere Beurteilung des Narkosestadiums zu ermöglichen, könnte außer den geschilderten Überwachungsmaßnahmen (S. 31) ein Pulsoximeter zur Kontrolle der Herz-tätigkeit und der Sauerstoffsättigung des Blutes eingesetzt werden (SWANSON 1993). Dies war jedoch bei den See-Elefanten durch die Empfindlichkeit des Systems gegenüber den niedrigen Außentemperaturen nicht möglich. Außerdem wäre die Anbringung eines zu-gehörigen Meßsensors an der Maul- oder Zungenschleimhaut nur unter Verwendung eines geeigneten Maulspreizers für See-Elefanten möglich gewesen. Der hierdurch entstehende Aufwand hätte die zügige Probengewinnung stark behindert und hätte im Falle eines schnel-len Rückzugs (vor angreifenden Tieren) eine erhebliche Verletzungsgefahr des untersuchten Tieres und den Verlust des Oximeters verursacht.

Als ein brauchbares Kriterium für die Überwachung der Narkosetiefe hat sich bei den See-Elefanten die Beschaffenheit (Farbe, Feuchte) der Maul- und der Zungenschleimhaut sowie die Intensität des Lidreflexes erwiesen, während beispielsweise die Kontrolle der Atmung aufgrund der auch an Land zuweilen auftretenden natürlichen Apnoephasen (LE BOEUF *et al.* 1988) keine zuverlässige Überwachungsmethode darstellt.

Labormethodik

Die Auswahl der Parameter erfolgte im Sinne eines Screenings. Begonnen wurde mit einfach durchzuführenden (photometrischen) Analysen, die in Form von Testkits erhältlich waren (S. 56ff.). Um darüber hinaus differenziertere Aussagen treffen zu können, wurden die Untersuchungen auf eine Auswahl spezieller Methoden ausgedehnt, die in der Human-medizin bei der Diagnostik komplexer Stoffwechselerkrankungen verwendet werden. Weitergehende, funktionelle Untersuchungen, wie Zellkulturen, Hormon- oder Enzym-bestimmungen hätten zwar noch wesentlich umfangreichere Daten erbracht, konnten im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht durchgeführt werden. Ein wichtiger Aspekt bei der Erstellung des Untersuchungskonzepts ergab sich aus der Notwendigkeit, daß empfindliche Parameter nur an frischem Probenmaterial durchgeführt werden können (z.B. Ultra-zentrifugation). Die mögliche Analysenanzahl und -vielfalt eben dieser Parameter wurde jedoch durch die Abgelegenheit des Untersuchungsgebietes und durch die beschränkten Kapazitäten des Feldlabors limitiert.

Bevor die Befunde diskutiert werden können, sind die Labormethoden einer kritischen Betrachtung zu unterziehen. Dies betrifft vor allem die Übertragbarkeit der Methoden. Die geschilderten Untersuchungen entstammen in der Regel der humanmedizinischen Labor-

diagnostik, sodaß bei zunehmender Präzision einer Analysemethode deren humanphysiologische (biochemische) Spezifität bedacht werden muß.

Zunächst ist die Probennahme, die Probenkonservierung und der Probentransport (aus der Antarktis nach Deutschland) sowie die daraus resultierende Probenqualität zu betrachten. Voraussetzung für eine zuverlässige Laboruntersuchung ist die hämolysefreie Gewinnung der Blutprobe, die saubere Trennung des Serums von den zellulären Bestandteilen und der lichtgeschützte und gekühlte (oder gefrorene) Transport (4°C/-30°C) zum Analyseort. Für manche Untersuchungen ist eine spezielle Konservierung notwendig (Tab. 6). Diese Voraussetzungen werden als erfüllt betrachtet.

Die verwendeten Labormethoden der untersuchten Substrate (Cholesterin, Triacylglycerine, Glucose usw.) sind in der Wildtierforschung und Tiermedizin etabliert (SCHUMACHER *et al.* 1992, LOEB und QUIMBY 1989, BRANNON 1985, GABRISCH 1987) und dürfen als valide gelten.

Die *Ultrazentrifugation* stellt in der Darstellung von Lipoproteinen die genaueste, aber auch die zeitaufwendigste Methode dar (CHAPMAN *et al.* 1981, CREMER 1990) und wurde hier erstmals an freilebenden Robben in der Antarktis durchgeführt. Die gravimetrische Trennung der Lipoproteine mußte an frischem Serum durchgeführt werden, um den nativen Zustand der Lipoproteinpartikel zu erhalten (REDGRAVE *et al.* 1975, CREMER 1990).

Die Ultrazentrifugation wurde ursprünglich im Hinblick auf die Diagnose von Dyslipoproteinämien entwickelt (HAVEL *et al.* 1955, REDGRAVE *et al.* 1975). Mit zunehmendem Interesse wurde das Verfahren in vergleichenden Tierstudien eingesetzt (PUPPIONE *et al.* 1970, CALVERT 1977, HAMILTON *et al.* 1976). Ausgehend vom Interesse an den hohen Cholesterinwerten bei Robben (S. 7), wurde hier die Cholesterinverteilung in den Lipoproteinen untersucht. CHAPMAN (1980) beschrieb in einer vergleichenden Zusammenfassung die Lipoproteine einiger Wildtierspezies und verwies dabei auf zum Teil deutliche Unterschiede, vor allem in der LDL-Klasse. Dies deutet auf eine unterschiedliche Dichteverteilung der Lipoproteine bei den verschiedenen Tierarten hin. Die beiden nach der LDL-Trennung im Unterstand zurückgebliebenen HDL-Fraktionen (S.66) entsprechen diesen Darstellungen und unterstützen die Vermutung, daß die nach REDGRAVE *et al.* (1975) einzustellenden Dichtestufen nicht direkt vom Menschen auf andere Organismen übertragen werden können. Dennoch läßt sich in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen (CHAPMAN 1980, MILLS und TAYLAUR 1971) eine deutliche Dominanz der HDL- und LDL-Klasse anhand der in den Lipoproteinen gemessenen Cholesterinkonzentrationen (S. 66) nachweisen.

In den vorliegenden Untersuchungen liegt die für die Beurteilung der Ultrazentrifugation anzugebende Wiederfundrate (Recovery) bei $88 \pm 8\%$ ($\bar{X} \pm SD$) und damit im annehmbaren Bereich (TIMMERMEISTER und CREMER 1995, pers. Mitt.). Zur Ergänzung und Validierung der Ultrazentrifugation beim See-Elefanten wurden 3 weitere Untersuchungen zur Beschreibung der Lipoproteine durchgeführt.

Die an Mäusen entwickelte *Fast Protein Liquid Chromatography* (FPLC, LINTON *et al.* 1995) stellt ebenso wie die Ultrazentrifugation eine deskriptive Methodik zur Beschreibung von Lipoproteinen dar, indem die Partikel durch Filtrierung in einer Gelmatrix nach Molekülgröße getrennt werden. Sie wurde hier erstmals am Serum von Südlichen See-Elefanten durchgeführt. Die Messung der Cholesteringehalte in den eluierten FPLC-Fractionen bestätigt in Übereinstimmung mit der Ultrazentrifugation die HDL- und LDL-Cholesterin-Dominanz bei See-Elefanten, wobei dies jedoch bei der Ultrazentrifugation deutlicher hervortrat. Die Wiederfundrate (Recovery) liegt mit $94,3 \pm 4,32\%$ im optimalen Bereich (SHEEHAN 1996).

Während Lipoproteinvergleiche bei verschiedenen Spezies allein aufgrund der Ultrazentrifugation als unsicher betrachtet werden sollten, könnte die Kombination von Ultrazentrifugation und FPLC zu einer besseren Charakterisierung von Lipoproteinen bei Wildtieren führen.

Zur weiteren Charakterisierung wurde hier erstmals die morphologische Darstellung der Lipoproteine des See-Elefanten durch *Transmissions-Elektronenmikroskopie* vorgelegt. Es zeigt sich interessanterweise, daß die beim Menschen bekannten Partikelgrößen zum Teil erheblich von den hier gemessenen Größenordnungen überschritten werden (Tab. 12). Da eine ähnliche elektronenmikroskopische Methodik gezeigt hat, daß sich Protein-(Casein-)partikel in der Milch verschiedener Plazentalier reproduzierbar darstellen lassen (WELSCH *et al.* 1988), kann im Prinzip davon ausgegangen werden, daß auch die hier beobachteten Unterschiede hinsichtlich Struktur und Größe eine reale Basis haben. Es ist aber nicht auszuschließen, daß der lange Probentransport aus dem Untersuchungsgebiet z.T. zu artifiziellen Veränderungen geführt hat, z.B. zu Verklumpungen von Partikeln (z.B. Partikel E, Abb. 25). Dieser Verdacht besteht hauptsächlich bei den HDL-Proben (Abb. 24, 25), jedoch läßt sich auch bei verdachtsweisen Partikelaggregaten meist noch die Größe der Einzelpartikel erkennen. Der saumartige Rand der Partikel D (Abb. 24, 25) spricht für unterschiedliche Dichte im Kern und in der Peripherie der Partikel und u.U. auch für die unterschiedliche Verteilung ihrer Bestandteile. Die elektronendichten granulären Anlagerungen an die Membranen (z.B. Abb. 22-D) sind vermutlich Osmiumausfällungen, zu denen es aus unbekanntem Gründen vereinzelt bei der Osmium-Nachfixierung der Proben gekommen ist, was jedoch keinen Einfluß auf die Partikelgröße hat. Die kleinsten der in

den LDL-Proben (Abb. 22, 23) und Serumproben (Abb. 20, 21) gefundenen Lipoproteinpartikel entsprechen hinsichtlich der Größenordnung durchaus den Partikeldarstellungen anderer Tierarten und des Menschen (CHAPMAN 1980, NORDESTGAARD *et al.* 1995). Insgesamt zeigt die elektronenmikroskopische Untersuchung, wie bei anderen Plazentaliern, unterschiedliche Größenverhältnisse und eine sehr deutliche Strukturierung der Lipoproteinpartikel.

Die elektrophoretische Untersuchung der Lipoproteine einschließlich ihres Cholesteringehaltes erfolgte mit Hilfe der *Quantitativen Lipoproteinelektrophorese* (CREMER *et al.* 1985, AUFENANGER *et al.* 1988). Neben der Ultrazentrifugation stellt dieses Verfahren die zweite klassische Möglichkeit zur Differenzierung von Lipoproteinen dar (NOBLE 1968) und wurde bereits an verschiedenen Tierarten vergleichend durchgeführt (PUPPIONE und NICHOLS 1970, ALEXANDER und DAY 1973, MILLS und TAYLAUR 1971).

Die Abbildungen 30 – 37 zeigen eine abweichende Mobilität gegenüber dem humanen Muster. Diese Abweichung wird von PUPPIONE (1978) auch für andere Tierarten beschrieben. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen in Übereinstimmung mit dem humanen Profil eine Dominanz der α -Lipoproteine (hier α_{ML} genannt), welche im Dichtegradienten dem HDL-Lipoprotein entspricht. Größere Abweichungen hingegen sind in der prä- β_{ML} - (VLDL-) und prä- β_{ML} - (LDL-) Mobilität festzustellen. Dies entspricht abermals den Befunden bei anderen Tierarten. PUPPIONE (1978) vermutet Verschiebungen in der Apolipoproteinzusammensetzung der LDL-Partikel und der Chylomikronen-Remnants, die vor allem durch enzymatische Vorgänge in der Leber verursacht werden. Die Änderungen im prä- β_{ML} - und β_{ML} -Bereich, z.B. beim gesäugten und beim abgesetzten Jungtier (Abb. 32, 33 und 34, 35) werden hier als Ausdruck eines markanten Entwicklungsgeschehens (Abb. 1) beim juvenilen See-Elefanten angesehen.

Die Messung des Vitamin E (Tocopherol) erfolgte mittels der *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC, LEHMANN und MARTIN 1982). Die Methode ermöglicht eine spezifische Trennung und Quantifizierung von α - und γ -Tocopherol. Dünnschicht- und gas-chromatografische Verfahren stehen für die Vitamin E-Bestimmung ebenfalls zur Verfügung, sind jedoch aufgrund ihrer geringeren Spezifität der HPLC unterlegen.

Die Vitamin-E- (Tocopherol-) untersuchungen zielten vor allem auf die Frage der Nachweisbarkeit von Tocopherolen beim Südlichen See-Elefanten. In den Abb. 17a – 17d wurde das α -Tocopherol als Profil (quantitativ) dargestellt. In den Abbildungen 38 – 45 wurden jeweils 2 Proben aus jeder Altersgruppe qualitativ untersucht (vergl. S. 87 ff.).

Die an Kegelrobben (*Halichoerus grypus*) durchgeführten Messungen (SCHWEIGERT *et al.* 1990, ENGELHARDT 1977) zeigten bereits einen engen quantitativen Zusammenhang zwischen dem Tieralter und dem Vitamin E- Gehalt im Blubberfett beziehungsweise im Serum. In den vorliegenden Ergebnissen zeigt das α -Tocopherol bei laktierenden Muttertieren einen leichten Anstieg (Abb. 17a), während die Konzentrationen beim gesäugten Jungtier keinen Gleichlauf zeigen (Abb. 17b). Diese Befunde stimmen mit den Messungen an laktierenden Kegelrobben überein, obwohl es sich bei diesen Untersuchungen (SCHWEIGERT *et al.* 1990) teilweise um gefangene oder getötete Tiere handelte.

Vermutet werden neben dem rein quantitativen Zusammenhang (Abb. 17a – 17d) vor allem qualitative Unterschiede (α -, γ -Tocopherol), die hier erstmals am freilebenden Südlichen See-Elefanten untersucht wurden.

Während der α -Peak (α P) in allen Fällen (Abb. 38-45) deutlich erscheint, ist im Bereich des γ -Tocopherols in allen Fällen ein Doppelpack festzustellen. Der „normale“, im humanen Muster vorkommende γ -Peak wurde in 5 Fällen teilweise oder vollständig (Tab. 15, Abb. 41, 42, 43, 45) durch einen unbekanntem Peak überlagert. Dieser wurde aufgrund seiner Nähe zum humanen γ -Peak als γ_{ML} -Peak bezeichnet. Eine Quantifizierung wie beim α -Tocopherol (Abb. 17a – 17d) war jedoch aufgrund des nicht verfügbaren Standards nicht möglich und muß deshalb kritisch beurteilt werden. Da es jedoch bei jeder Gruppe auftritt, könnten die fraglichen γ_{ML} -Peaks (Abb. 38-45) ein spezifisches Tocopherol darstellen, das die See-Elefanten mit der Nahrung aufnehmen (RYDING 1982, ENGELHARDT 1977) und das während der Laktation vom Muttertier auf das Jungtier übertragen wird. Ob es sich bei den gefundenen Tocopherolpeaks um eine funktionell relevante Substanz handelt (Peroxidationsschutz vor Sauerstoffradikalen, HALEVY *et al.* 1997) müßte durch weitergehende Untersuchungen, z.B. durch Zellkulturen (THIERY und TEUPSER 1997) und mittels geeigneter Standards geklärt werden. Die vorliegenden Befunde sollten zunächst deskriptiv bewertet werden.

Der Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten

SCHUMACHER *et al.* (1992) und PLÖTZ *et al.* (1995) warfen die Frage auf, ob die bei Weddellrobben (*Leptonychotes weddellii*) festgestellten hohen Cholesterinspiegel ein Zeichen für die besondere Anpassung des Fettstoffwechsels an den polaren Lebensraum darstellen. Diese Frage basierte jedoch auf Einzelbefunden. Es muß jedoch systematisch der gesamte Zeitraum der Laktations- Entwöhnungs-(Weaning-) und Häutungsphase erfaßt werden, um die aufgeworfene Frage beantworten zu können. Hierfür wurde der Südliche

See-Elefant gewählt, der sich ebenso wie die Weddellrobbe in der Südpolarregion fortpflanzt, jedoch für die apparativ aufwendigen Untersuchungen einfacher zu erreichen ist.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß zwischen den 4 Gruppen (Muttertiere, Pups, Weanlings, Moulting) z. T. erhebliche Unterschiede bestehen. Besonders deutlich wird dies an den Serumkonzentrationen des Cholesterins (Abb. 9a-b, 10a-b, 11a-b), der Phospholipide (Abb. 12a-b) und an der Verteilung des Cholesterins auf die Lipoproteine beim Muttertier und beim Pup (Abb. 18a-d). Bei Weanlings und bei Adulten in der Häutung sind hingegen keine signifikanten Änderungen dieser Parameter festzustellen. Andere Parameter dagegen, z.B. das beta-Hydroxybutyrat (β -HBA, Abb. 15a-d), unterliegen besonders bei abgesetzten Jungtieren signifikanten Änderungen.

Diese zunächst allgemeinen Feststellungen lassen bereits enge Zusammenhänge zwischen den untersuchten Gruppen (Abb. 1) und dem Verlauf der Parameter erkennen. Eine genauere Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse erfolgt deshalb in enger Anlehnung an den Jahreszyklus. Das Vorhaben, den Fettstoffwechsel zu diskutieren, wird hier in einem erweiterten Sinne und unter Berücksichtigung der für den See-Elefanten charakteristischen Fastenzeiten aufgefaßt.

Serumparameter und Fasten

CASTELLINI und REA (1992) und REITER et al. (1978) diskutieren die Bedeutung von freien Fettsäuren, Ketonkörpern (β -HBA) und Glukose während der anhaltenden Fastenzeiten bei Robben, Bären und Pinguinen. Hierbei legten sie zunächst den Unterschied zwischen physiologischem „fasting“ („fasten“, adaptiertes Verhalten mit Homöostase) und unphysiologischem „starvation“ („hungern“, Dereglulation) dar. In einem weiteren Schritt grenzten CASTELLINI und REA (1992) energiestoffwechselrelevante Substrate (z.B. Glukose, Triacylglycerine, Fettsäuren und Ketonkörper) von nicht-energierelevanten Substraten (Phospholipiden, Cholesterin, Vitaminen) ab. Diese Unterscheidungen sollen bei der Diskussion des Fettstoffwechsels, neben der Berücksichtigung des Jahreszyklus, ebenfalls berücksichtigt werden.

Im homöostatischen Zustand des *Fastens* sind bei Robben keine signifikanten Konzentrationsänderungen von freien Fettsäuren und Glukose zu erwarten, da diese Substrate auch im Nüchternzustand gleichbleibend verfügbar sein müssen (CASTELLINI und REA 1992). Allein der Konzentrationsanstieg der Ketonkörper (β -HBA) zeigt den nach Verbrauch der hepatischen Glycogenspeicher zunehmenden Bedarf an ZNS-gängigen Energieträgern, die aus den Fettreserven (Fettsäuren) gewonnen werden müssen. Untersuchungen an Weanlings des Nördlichen See-Elefanten (CASTELLINI und COSTA 1990) zeigten einen

deutlichen β -HBA-Anstieg, während freie Fettsäuren und Glukose keinen signifikanten Verlauf zeigten. Aufgrund dessen wurde die Nahrungskarenz von Weanlings des Nördlichen See-Elefanten als *Fasten* bezeichnet. Die Ergebnisse der hier an verschiedenen Altersgruppen des Südlichen See-Elefanten untersuchten *Energie*-Parameter (s.o.) deuten jedoch darauf hin, daß die 3 Fastenzeiten im Jahreszyklus (Abb. 1) nochmals voneinander zu unterscheiden sind: Der β -HBA-Verlauf (Abb. 15a) zeigt bei laktierenden Muttertieren (*fastend*) zwar ebenfalls einen Anstieg, dieser verläuft jedoch gegenüber abgesetzten Jungtieren (Abb. 15c) niedriger, obwohl die Muttertiere durch die Milchproduktion einen vergleichsweise hohen Energiebedarf haben. Die sich häutenden, angeblich *fastenden* Tiere zeigen wiederum keinen signifikanten Anstieg der Ketonkörper (Abb. 15d). Unter Berücksichtigung der niedrigen, durch die Rahmenbedingungen limitierten n-Zahlen (Anzahl Tiere bzw. Probenmaterial) kann gezeigt werden, daß sich die Altersgruppen, obwohl innerhalb physiologischer Grenzen, bezüglich ihres Energiebedarfs unterscheiden. Hieraus ergibt sich die Frage, ob damit für jede Altersgruppe ein „energetisch-biochemisches Limit“ existiert, das die Fastendauer und damit die an Land verbrachten Zeiten (z.B. die Laktation) begrenzt. In Abb. 15a (β -HBA, Muttertiere) sind 4 verkürzte Probenprofile mit erhöhter β -HBA-Konzentrationen zu erkennen. Das Erreichen einer kritischen β -HBA-Konzentration könnte also bei laktierenden See-Elefantenkühen den Übergang in den kritischen *Hunger*-(*Starvation*-) Zustand nach CASTELLINI und REA (1992) bedeuten, dem die Tiere durch Abbruch der Laktation ausweichen. Ein ähnlicher Mechanismus könnte, übereinstimmend mit den Überlegungen von CASTELLINI und COSTA (1990), bei den Weanlings zur Beendigung der Weaning-Phase führen. Der unspezifische Verlauf (kein Anstieg, Abb. 15d) des β -HBA bei Tieren in der Häutung läßt vermuten, daß die Tiere entgegen einiger Literaturangaben (z.B. CONDY 1970) nicht durchgehend fasten, und damit die Annäherung an ein energetisches Limit nicht existieren dürfte.

Aus der Frage nach der möglichen Maximaldauer der Landphasen, bzw. der maximalen Fastenzeiten (Abb.1) ergibt sich die Gegenfrage, warum die Tiere nicht zu einem beliebig früheren Zeitpunkt das Meer aufsuchen, um die Fettdepots aufzufüllen. Die Frage nach der Determinierung der Mindestaufenthaltsdauer (Fastenzeit) an Land muß bei Betrachtung des Jahreszyklus‘ wiederum für jede der 4 untersuchten Gruppen getrennt diskutiert werden.

Die Mindestaufenthaltsdauer bei Muttertieren ist offensichtlich an die Aufzucht des Jungtieres und die anschließende Begattung, und damit an den Verbleib im Harem gebunden. Demgegenüber stehen die mobilisierbaren Fettreserven des Muttertieres, die ausreichen müssen, um die Aufzucht des Jungtieres angesichts der nur 2-3-monatigen Sommerzeit in kürzestmöglicher Zeit zu vollziehen. Die Mindestdauer der maternalen Fastenzeit (Laktation und Begattung) muß als ein durch die Anpassung an den polaren

Lebensraum herausgebildeter Kompromiß aufgefaßt werden, der zwischen den verfügbaren Energiereserven des Muttertieres und dem Mindestenergiebedarf des Jungtieres (Milchqualität und -menge) geschlossen wird (22-24 Tage, McCANN *et al.* 1989).

Generell wird angenommen, daß die Minimaldauer der Entwöhnungs- (Weaning-) phase für die Reifung der Organe benötigt wird (ARNBOM *et al.* 1993, CONDIT und ORTIZ 1987). Die von den Weanlings vollzogene ca. 6-wöchige Mindestfastenzeit erscheint unter dem beschriebenen Energieaspekt (β -HBA-Anstieg, Glukoseverfügbarkeit) besonders untersuchungswürdig und wurde bereits mehrfach diskutiert (CASTELLINI und COSTA 1990). Besonders hier stellt sich die Frage, warum der Weanling nicht zu einem früheren Zeitpunkt das Meer aufsucht. Das Jungtier muß sich trotz des Fastenzustandes in einer proteinanabolen Stoffwechsellage befinden, um im Gegensatz zum adulten Tier die für das Tauchen und Jagen notwendige Reifung (Muskulatur, Kreislaufsystem, Skelett) vollziehen zu können (REITER *et al.* 1978). Die drastische Umstellung von der Milchverdauung auf den Fastenzustand während der Entwöhnungsphase und die darauffolgende selbständige Nahrungssuche setzt neben der Reifung des Bewegungsapparates die vollständige Reifung des Intestinaltraktes und der Enzymaktivitäten voraus.

Verhaltensphysiologische Untersuchungen (REITER *et al.* 1978, eigene Beobachtungen 1997) zeigen, daß Weanlings während der ersten 2 Drittel der Entwöhnungsphase aufgrund ihrer Auftrieb erzeugenden Fettdepots noch nicht über eine ausreichende Fähigkeit zum Schwimmen und Tauchen verfügen (Anhang, Abb. 48). REITER *et al.* (1978) diskutieren bei Nördlichen See-Elefanten die obligatorische Bedeutung exogener Reize, welche die Weanlings zum endgültigen Aufsuchen des Meeres veranlassen. Hiernach könnte das vermehrte Vorkommen von Beutefisch einen olfaktorischen Reiz darstellen. Die von BORNE-MANN *et al.* (1998) nachgewiesene weitgehende Übereinstimmung der Wanderwege juveniler See-Elefanten über mehrere tausend Kilometer hinweg läßt vermuten, daß die Jungtiere bereits bei Beendigung der Weaning-Phase über ein hochentwickeltes Sensorium verfügen müssen.

Einen weiteren Hinweis auf die Bedeutung der Weaning-Phase bietet möglicherweise die Betrachtung der Phospholipidkonzentrationen (Abb. 12b,c). BORNEMANN (unveröffentlicht) zeigte bei juvenilen See-Elefanten Tauchtiefen von bis zu 800 Metern (Adulte über 1500 Metern). BAYBUTT *et al.* (1993) zeigten, daß omega-3-Fettsäuren einen verstärkenden Effekt auf die Synthese von Surfactant-Phospholipiden in Lungenalveolarzellen Typ II haben. Omega-3-Fettsäuren kommen in hoher Konzentration in der See-Elefantenmilch vor (RAMDOHR und BUCHEIM, unveröffentlicht). Die u.a. für die Synthese des Surfactant-Faktors (Entfaltung der Lunge nach Kollabierung, BATENBURG 1992, SHELLEY *et al.* 1984) benötigten Phospholipide wiesen bei Weanlings vergleichsweise hohe Serumkonzentrationen von bis zu 795 mg/dl auf (Abb. 12c, Mensch: 150-250 mg/dl). Die

Konzentrationen stiegen während der Weaning-Phase noch leicht weiter an (Abb. 12c). Diese Befunde könnten vorbehaltlich histologischer Untersuchungen (Differenzierung von Alveolarzellen TypII im Lungengewebe) in einem engen Zusammenhang mit der Ausreifung des juvenilen Lungengewebes stehen, die sich während der Weaning-Phase vollziehen muß, um die sofort danach erreichten Tauchtiefen (s.o.) zu ermöglichen.

Die Frage nach der Bedeutung des Fastens und seiner Mindestdauer während der Häutungsperiode (Moulting, Abb. 1) wurde bereits durch die Vermutung der fakultativen Nahrungsaufnahme (niedrige β -HBA-Werte, Abb. 15d) während des zeitweiligen Aufenthaltes der Tiere im Meer relativiert (SLIP *et al.* 1992, eigene Beobachtungen, s.S. 32). Der Nachweis von Nahrungsresten (Cephalopoden) im Magen adulter See-Elefanten (eigene Beobachtungen 1996) läßt auf Nahrungsaufnahme schließen. Warum die Tiere sich zum Häuten überhaupt an Land aufhalten, kann bisher nur vermutet werden. LING (1965) diskutierte, daß es während der Häutung (Anhang, Abb. 49) zu einer verstärkten Durchblutung der Körperoberfläche kommt. Der hierdurch gesteigerte Wärmeverlust würde durch den Aufenthalt im Wasser verstärkt werden und zur Auskühlung führen. Die an Land verbrachte Häutungsphase wäre demnach durch die Dauer des eingeschränkten Thermoisoliationsvermögens im Meer determiniert. Die Reduzierung der Nahrungszufuhr (Fasten?) erklärt sich dann lediglich als zwangsläufige Folgeerscheinung eines eingeschränkten Tauch- und Jagdvermögens.

Unabhängig von der Frage nach der Fastendauer scheint sich die Bedeutung der Phospholipide bei adulten Tieren fortzusetzen. Bei adulten See-Elefanten werden omega-3-Fettsäuren (in Fischölen) mit der Nahrung aufgenommen (RODHOUSE *et al.* 1992, LARSSON und FÄNGE 1977). Bei den untersuchten Muttertieren (Abb. 12a) wurden ebenfalls Phospholipidkonzentrationen im Serum von bis zu 700 mg/dl gemessen, wobei während der Laktation ein signifikanter Konzentrationsabfall nachzuweisen war (Abb. 12a). Dieser könnte sowohl durch den Milchtransfer auf das Jungtier, als auch durch den Entzug der omega-3-Fettsäuren während des Fastens zurückzuführen sein. Tiere in der Häutung zeigen dagegen eine annähernd gleichbleibende Phospholipidkonzentration (Abb. 12d). Die gelegentliche Nahrungszufuhr könnte hier für die ausreichende Versorgung mit omega-3-Fettsäuren sorgen. Falls die ausreichende Aufnahme von omega-3-Fettsäuren eine Voraussetzung für die Synthese des Surfactant-Faktors und damit für die mühelose Wiederentfaltung der während der Tauchgänge kollabierten Lunge darstellt (FALKE *et al.* 1985), wäre ein direkter Zusammenhang zwischen Fettsäurestoffwechsel und Tauchvermögen von See-Elefanten gegeben. Die Überprüfung dieser Hypothese bedarf allerdings weiterer

biochemischer und verhaltensphysiologischer Untersuchungen (Fettsäureprofile, Satellitentransmitteruntersuchungen).

Cholesterin und Lipoproteine

Die in den Abb. 9a-d, 10a-d und 11a-d dargestellten Cholesterinmessungen zeigen bei Muttertieren und Pups signifikante Verläufe während der Laktationszeit (Tab. 16). Während der Weaning- und der Häutungsphase sind hingegen keine signifikanten Verläufe festzustellen. Da Cholesterin ein Hauptbestandteil der Lipoproteinpartikel ist, wird angenommen, daß der Lipoprotein- bzw. der Cholesterinstoffwechsel beim Südlichen See-Elefanten bereits nach der Geburt eine wichtige Stellung einnimmt.

Eine detaillierte funktionelle Beschreibung des Lipidstoffwechsels ist ohne genaue Kenntnis der enzymatischen und hormonellen Vorgänge nur sehr eingeschränkt möglich. Von eigentlichem Interesse ist hier die Darstellung der Lipoproteine anhand des Cholesterins, einer der Hauptbestandteile der Lipoproteinpartikel. Entsprechend der Untersuchung der Serumparameter sollte auch hier der zeitliche Faktor (Jahreszyklus) durch Analyse regelmäßig gewonnener Blutproben berücksichtigt werden. In der Diskussion der Bestimmungsmethoden (Ultrazentrifugation, FPLC) wurde bereits die prinzipielle Übereinstimmung der in den Lipoproteinen gemessenen Cholesterinkonzentrationen (HDL-Dominanz) festgestellt, sodaß nunmehr der interspezifische Vergleich gezogen werden kann.

DANGERFIELD et al. (1976) stellten bei 6 Robben von 2 Spezies (4 Kegelrobben *Halichoerus grypus*, 2 Baikalrobben (*Phoca sibirica*) Cholesterinspiegel von bis zu 510 mg/dl fest. Die untersuchten Robben befanden sich hierbei jedoch in menschlicher Obhut. Übereinstimmend mit den vorliegenden Untersuchungen (Abb. 30-37) stellten DANGERFIELD et al. (1976) die Dominanz von α -Lipoprotein fest, das beim Menschen dem HDL entspricht. PUPPIONE und NICHOLS (1970) bestätigten beim Kalifornischen Seelöwen (*Zalophus californianus*), beim Seehund (*Phoca vitulina*) und beim Walross (*Odobenus rosmarus*) die HDL-Dominanz. Auch hier befanden sich die Robben in Gefangenschaft. CHAPMAN (1980) faßte zusammen, daß Robben, ungeachtet artspezifischer Unterschiede und verschiedener Haltungs- und Fütterungsbedingungen, zu den HDL-dominanten Spezies gehören. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen (Abb. 18a-d), daß dies auch für alle hier untersuchten Altersgruppen des Südlichen See-Elefanten unter natürlichen Lebensbedingungen gilt. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse jedoch nicht nur Einzelbefunde, sondern verdeutlichen einen Zusammenhang zwischen dem metabolischen Status (Lak-

tation, Säugen) und dem Konzentrationsverlauf des Gesamtcholesterins bzw. der Konzentrationen in den Lipoproteinfraktionen.

Die bei adulten Tieren gemessenen vergleichsweise hohen Serumcholesterinkonzentrationen (Abb. 9d) werden beim Jungtier bereits innerhalb der Säugezeit erreicht (Abb. 9b).

Cholesterin beeinflusst ebenso wie Phospholipide den Schmelzpunkt biologischer Membranen und erhöht im polaren Medium deren Fluidität (CHAPMAN 1975). Die hohe Cholesterinverfügbarkeit im Blutserum könnte für die Stabilität der Zellmembranen beim See-Elefanten bezüglich des registrierten Tauchverhaltens (BORNEMANN, unveröffentlicht) von wichtiger Bedeutung sein. Insbesondere die Endothelzellen der Blutgefäße und die Alveolarzellen der Lunge dürften aufgrund der Kollabierung der Lunge während des Tiefschneidens (FALKE *et al.* 1985) starker mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sein.

Eine weitere Funktion kommt dem Cholesterin als Vorstufe für die Steroidhormonsynthese zu. Die Synthese des Mineralokortikoids *Aldosteron* in der Nebennierenrinde wird durch das Angebot von Cholesterin gesteigert und bewirkt im Tubulussystem der Niere die Rückresorption von Wasser (SIMPSON *et al.* 1989). Insbesondere beim laktierenden Muttertier und beim abgesetzten Jungtier ist der Organismus infolge des absoluten Fastens auf das Einsparen von Wasser angewiesen.

ACTON *et al.* (1996) und STEINBERG (1996) identifizierten in der Nebennierenrinde und in der Leber von Mäusen einen HDL-Rezeptor mit hoher Affinität zum HDL-Cholesterin. Dieser als SR-BI bezeichnete Rezeptor stellt bei der Elimination von überschüssigem Cholesterin eine wichtige Alternative zum klassischen LDL-Rezeptor (LDL-Pathway) dar (LANDSCHULZ *et al.* 1996). Die bei Robben vermutete hohe Synthesekapazität der Nebennierenrinde (Aldosteron) und der hohe Cholesterinanteil der Zellmembranen könnte darauf hinweisen, daß Robben über eine ähnliche HDL-spezifische Rezeptoraktivität verfügen. Dies würde vorbehaltlich weiterer Untersuchungen (Zellkulturen, Substitution markierten HDLs) erklären, warum Robben trotz des hohen, bereits im Säugealter entwickelten Cholesterinspiegels keine beobachtbaren Anzeichen für die hauptsächlich durch LDL-Cholesterin vermittelten atherosklerotischen Veränderungen zeigen. Abb. 18a und 18b (Lipoprotein-Cholesterin bei Pup und Weanling) zeigen, daß trotz des signifikanten Cholesterinanstiegs bzw. -spiegels eine HDL-Dominanz erhalten bleibt.

Medizinischer Aspekt

Untersuchungen des Fettstoffwechsels nehmen im humanmedizinischen Bereich einen breiten Raum ein. Insbesondere die Plasma-Lipoproteine werden wegen ihrer medizinischen Bedeutung im Zusammenhang mit Arteriosklerose und Herzinfarkt intensiv studiert (KROMHOUT *et al.* 1985, ALAUPOVIC 1971, EISENBERG *et al.* 1984, KRIEGER und HERTZ 1994). In den letzten Jahren wurde eine zunehmende Anzahl von tierexperimentellen Studien (LINTON *et al.* 1995, WILLIAMS *et al.* 1992) durchgeführt, um Modelle für die Verhältnisse beim Menschen zu finden. Vergleichende Studien an wildlebenden Tieren wurden zwar zahlreich durchgeführt (CALVERT 1977, CHAPMAN 1980), sind jedoch nur selten in den humanmedizinischen Bereich einbezogen worden (DANGERFIELD *et al.* 1976).

In der Lipidforschung kristallisieren sich neben molekularbiologischen Fragestellungen (STEINBERG 1996, ACTON *et al.* 1996) zunehmend ernährungsphysiologische Fragen heraus (THIERY und TEUPSER 1997, KHOSLA und SUNDRAM 1996). Aufgrund zahlreicher epidemiologischer Studien wird heute angenommen, daß die gesteigerte Zufuhr von omega-3 Fettsäuren die Synthese von LDL-Cholesterin reduziert und damit die Gefahr der Atherosklerose mindert (ILLINGWORTH *et al.* 1984). Das Interesse an Vergleichsorganismen, deren Nahrung natürlicherweise einen hohen Anteil an omega-3-Fettsäuren enthält, ist sprunghaft angestiegen (LARSSON und FÄNGE 1977, AHMED *et al.* 1989, BANG und DYERBERG 1972, SCHACKY 1987, LANDSCHULZ *et al.* 1996, HARRIS *et al.* 1983). Die vorangegangene Diskussion zeigt jedoch, daß die Bedeutung von Substanzen (z.B. Cholesterin) bei hochangepaßten Spezies wie dem See-Elefanten aus einer anderen Perspektive betrachtet werden muß als in der humanmedizinischen, klinisch orientierten Forschung.

Eine direkte Übertragung gewonnener Erkenntnisse aus Tierstudien auf humanmedizinische Fragen sollte aufgrund der methodischen und biologischen Diversität bei den Untersuchungsobjekten äußerst kritisch betrachtet werden. Durch Vergleichstudien mit Tieren wie dem Südlichen See-Elefanten könnten jedoch interessante Indizien bezüglich ernährungsphysiologischer Fragen gewonnen werden.

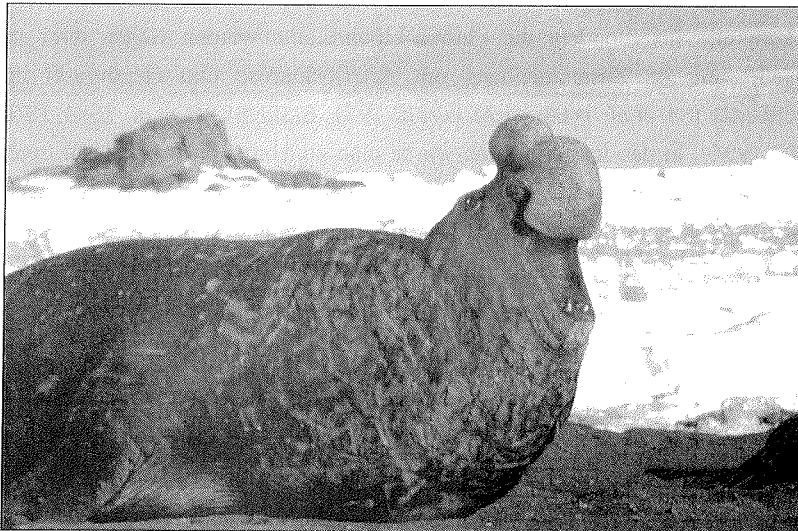


Abb. 46 Haremsbulle (Beachmaster)

Foto: S. Ramdohr



Abb. 47 Laktierendes Muttertier mit Jungem

Foto: S. Ramdohr



Abb. 48 Abgesetztes Jungtier (Weanling)

Foto: S. Ramdohr

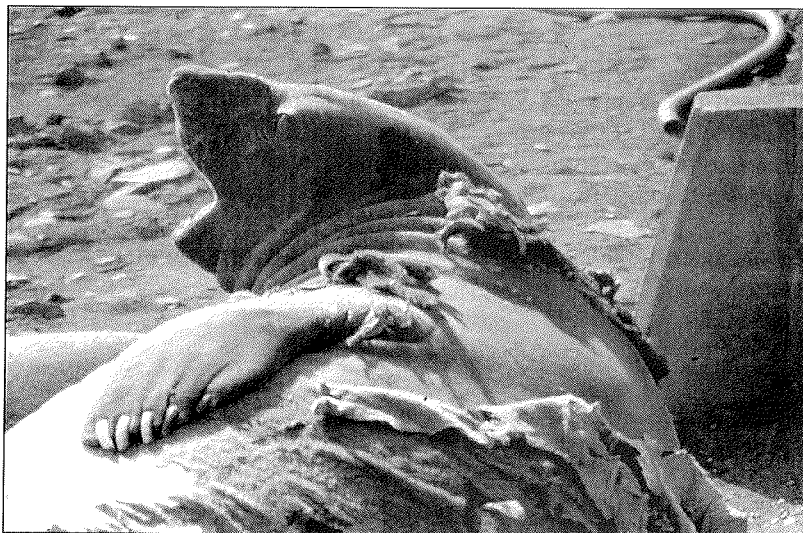


Abb. 49 Häutung (Moulting)

Foto: S. Ramdohr

Literaturverzeichnis

- AHMED, A.A., B. CELI, K. RONALD, B.J. HOLUB (1989)
The phospholipid and fatty acid compositions of seal platelets: A comparison with human platelets.
Comp. Biochem. Physiol. 93B(1):119-123
- ACTON, S., A. RIGOTTI, K.T. LANDSCHULZ, H.H. HOBBS, M. KRIEGER (1996)
Identification of Scavenger Receptor SR-BI as a High Density Lipoprotein Receptor.
Science 271:518-520
- ALAUPOVIC, P. (1971)
Apolipoproteins and lipoproteins.
Atherosclerosis 13:141-146
- ALEXANDER, C., C.E. DAY (1973)
Distribution of serum lipoproteins of selected vertebrates.
Comp. Biochem. Physiol. 46B:295-312
- ARGILES, J.M. (1986)
Has acetone a role in the conversion of fat to carbohydrate in mammals?
Trends biochem. Sci. 11:61-63
- ARNBOM, T., M.A. FEDAK, P. ROTHERY (1994)
Offspring sex ratio in relation to female size in southern elephant seals, *Mirounga leonina*. Behav. Ecol. Sociobiol. 35:373-378
- ARNBOM, T., M.A. FEDAK, I.L. BOYD, B.J. McCORNELL (1993)
Variation in weaning mass of pups in relation to maternal mass, postweaning fast duration, and weaned pup behaviour in southern elephant seals (*Mirounga leonina*) at South Georgia.
Canadian Journal of Zoology 71:1772-1781
- AUFENANGER, J., U. WEBER, P. HAUX, R. KATTERMANN (1988)
A specific method for direct determination of lipoprotein cholesterol in electrophoretical patterns.
Clinical Chimica Acta 177:197-208
- BACHORIK, P.S. (1982)
Collection of blood samples for lipoprotein analysis.
Clinical Chemistry 28:1375-1378

- BAKER, J.R., S.S. ANDERSON, M.A. FEDAK (1988)
The use of a ketamine-diazepam mixture to immobilise wild grey seals (*Halichoerus grypus*) and southern elephant seals (*Mirounga leonina*).
Veterinary Record 123:287-289
- BAKER, J.R., M.A.FEDAK, S.S. ANDERSON, T. ARNBOM, R. BAKER (1990)
Use of a tiletamine-zolazepam mixture to immobilize wild grey seals and southern elephant seal.
Veterinary Record 126:75-77
- BANG, H.O., J. DYERBERG (1972)
Plasma Lipids and Lipoproteins in Greenlandic West Coast Eskimos.
Acta. med. scand. 192:85-94
- BATENBURG, J.J. (1992)
Surfactant phospholipids: synthesis and storage)
Am. J. Physiol 262:367-385
- BAYBUTT, R.C., J.E. SMITH, Y.Y. YEH (1993)
The effects of dietary fish oil on alveolar type II cell fatty acids and lung surfactant phospholipids.
Lipids 28(3):167-172
- BELL, C.M., M.A. HINDELL, H.R. BURTON (1997)
Estimation of body mass in the southern elephant seal, *Mirounga leonina*, by photogrammetry and morphometrics.
Marine Mammal Science 13(4):669-682
- BESTER, M.N. (1987)
Chemical restraint of antarctic Fur seal and Southern Elephant Seal.
South African Journal of Wildlife Research 18(2):57-80
- BONNER, W.N. (1984)
Lactation Strategies in Pinnipeds: Problems for a Marine Mammalian Group.
Symp. Zool. Soc. London 51:253-272
- BOOTH, N.H. (1988a)
Nonnarcotic analgesics.
S. 297-320 in N.H. Booth and L.E. McDonald (Hrsg.) Veterinary Pharmacology and Therapeutics, Iowa State Univ. Press

LITERATURVERZEICHNIS

- BOOTH, N.H. (1988a-d)
Intravenous and other parenteral anaesthetics.
S. 212-274 in N.H. Both, L.E. McDonald (Hrsg.) Veterinary Pharmacology and Therapeutics, Iowa State Univ. Press
- BORNEMANN, H., J. PLÖTZ (1993)
A field method for immobilizing Weddell Seals
Wildl. Soc. Bull. 21(4):437-441
- BORNEMANN, H. (1994)
Untersuchungen zum Freßverhalten der Weddellrobbe (*Leptonychotes weddellii*) in der Antarktis.
Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Diss.
- BORNEMANN, H., J. PLÖTZ, S. RAMDOHR, L. SELLMANN (1998)
Southern elephant seal migration and Antarctic sea ice.
In: H. Miller (Hrsg.) „Koordiniertes Programm Antarktisforschung“, Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“. Reports on Polar Research, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven 277/98:15-16
- BORNEMANN, H. (unveröffentlicht)
Tauchtiefenmessungen bei abgesetzten Jungtieren des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina*)
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
- BORTZ, J., G.A. LIENERT, K. BOEHNKE (1990)
Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik.
Springer, Berlin-Heidelberg-New York:589, 619-620
- BRANNON, R.D. (1985)
Hematological characteristics of Grizzly Bears (*Ursus arctos*) in Central and Northern Alaska.
Can. J. Zool. 63:58-62
- BROWN, M.S., J.S. GOLDSTEIN (1986)
A receptor-mediated pathway for cholesterol homeostasis.
Science 232:34-47
- BRYDEN, M.M. (1964)
Insulating capacity of the subcutaneous fat of the southern elephant seal.
Nature 203:1299-1300

BRYDEN, M.M. (1967)

Study of the biology of the southern elephant seal, *Mirounga leonina* (Linn.).
Ph.D. Thesis, University of Sydney

BRYDEN, M.M. (1968)

Lactation and suckling in relation to early growth of the southern elephant seal, *Mirounga leonina* (Linn.).
Australian Journal of Zoology 16:739-748

CALVERT, G.D. (1977)

Mammalian low density lipoproteins.
S. 281-319 in C.E. Day and R.S. Levy (Hrsg.) *Low density lipoproteins*
Plenum Press, New York

CARLINI, A., G.A. DANERI, M.E., MARQUEZ, G.E. SOAVE, S. POLJAK (1997)

Mass transfer from mothers to pups and mass recovery by mothers during the post-breeding foraging period in southern elephant seals (*Mirounga leonina*) at King George Island.
Polar Biology 18:305-310

CASTELLINI, M.A., D.P. COSTA, A.C. HUNTLEY (1987)

Fatty acid metabolism in fasting elephant seal pups.
Journal of Comparative Physiology and Biochemistry 157:445-449

CASTELLINI, M.A., D.P. COSTA (1990)

Relationships between plasma ketones and fasting duration in neonatal elephant seals.
American Journal of Physiology 259:1086-1089

CASTELLINI, M.A., L. REA (1992)

The biochemistry of natural fasting at its limits.
Experientia (48) Birkhäuser Verlag, CH-4010 Basel/Switzerland

CCAMLR (1987)

Observation on haul out patterns and trends of the breeding populations of Southern Elephant Seal at Peninsula Valdes (Patagonia) and Stranger Point (King George Island).
Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), VI/BG/36

CHAPMAN, D. (1975)

Phase transitions and fluidity characteristics of lipids and cell membranes.
Quarterly Reviews of Biophysics 8(2):185-235

- CHAPMAN, M.J., S. GOLDSTEIN, D. LAGRANGE, P.M. LAPLAUD (1981)
A density gradient ultracentrifugal procedure for the isolation of the major lipoprotein classes from human serum.
Journal of Lipid Research 22:339-356
- CHAPMAN, M.J. (1980)
Animal lipoproteins: chemistry, structure and comparative aspects.
Journal of Lipid Research 21:789-853
- CLINE, D.R., D.B. SINIFF, A.W. ERICKSON (1969)
Immobilization and collecting blood from antarctic seals.
Journal of Wildlife Management 33:138-144
- CONDIT, R.S., C.L. ORTIZ (1987)
The physiological transition from fasting to feeding in weaned elephant seal pups
Marine Mammal Science 3(3):207-219
- CONDY, P.R. (1970)
Annual cycle of the southern elephant seal, *Mirounga leonina*, (Linn.) at Marion Island.
South African Journal of Zoology 2:95-102
- CREMER, P. (unveröffentlicht)
Lipiduntersuchungen bei Serenproben der Weddellrobbe (*Leptonychotes weddellii*)
Institut für Klinische Chemie, LMU München
- CREMER, P. (1990)
Fettstoffwechsel und Fettstoffwechselstörungen: Physiologie, Pathophysiologie,
Pathogenese und Diagnostik.
Manuskript für den Kurs Klinische Chemie und Hämatologie an der LMU München
- CREMER, P., D. SEIDEL, H. WIELAND (1985)
Quantitative Lipoproteinelektrophorese: Ihre routinemäßige Untersuchung des
Fettstoffwechsels.
Labor Medizin 9:39-51
- CUSTER, E.M., J.L. MYERS, P.L. POFFENBARGER, I. SCHOEN (1983)
The Storage Stability of 3-Hydroxybutyrate in Serum, Plasma, and Whole Blood.
American Society of Clinical Pathologists, Brief Scientific Reports, Publ. March 14th
S. 375-379
- DANGERFIELD, W.G., R. FINLAYSON, G. MYATT, M.G. MEAD (1976)
Serum lipoproteins and atherosclerosis in animals.
Atherosclerosis 25:95-106

- DAVIS, R.W., V.R. PIEROTTI, S.J. LAUER, J.W. McLEAN, J.L. WITZTUM (1991)
Lipoproteins in Pinnipeds: analysis of a high molecular weight form of apolipoprotein E.
Journal of Lipid Research 32:1013-1023
- DREVEMO, S., L. KARSTAD (1974)
The effect of xylacine and xylacine-etorphine-acepromacine combination on some
haematological parameters in impala and eland
J. Wildl. Dis. 10:377-380
- DYERBERG, J., H.O. BANG, S. MONCADA, J.R. VANE (1978)
Eicosapentaenoic Acid and Prevention of Thrombosis and Artherosclerosis?
The Lancet, July 15th:117-119
- EISENBERG, S., D.W. BILLHEIMER, R.I. LEVY, F.T. LINDGREN (1973)
On the metabolic conversion of human plasma very low density lipoprotein to low
density lipoprotein.
Biochimica et Biophysica Acta 326(3):361-377
- EISENBERG, S. (1984)
High density lipoprotein metabolism.
Journal of Lipid Research 25(10):1017-1058
- ENGELHARDT, H. (1977)
Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie.
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- FALKE, K.J., R.D. HILL, J. QVIST, R.C. SCHNEIDER, M. GUPPY, G.C. LIGGINS, P.W.
HOCHACHKA, R.E. ELLIOTT, W.M. ZAPOL (1985)
Seal lungs collapse during free diving: Evidence from arterial nitrogen tensions.
Science-Washington 229(4713):556-557
- FREDRICKSON, D.S., R.J. LEVY, R.S. LEES (1967)
Fat transport in lipoproteins-an integrated approach to mechanisms and disorders.
New England Journal of Medicine 276:32-44
- GABRISCH, K. (1987)
Meßgrößen im Klinischen Labor, In: K.Gabrisch, P. Zwart (Hrsg.) Krankheiten der
Wildtiere – exotische und heimische Tiere in der Tierarztpraxis
Schlütersche Verlagsanstalt Hannover
- GALES, N.J. (1989)
Chemical restraint and anaesthesia of pinnipeds: a review.
Marine Mammal Science 5:228-256

GALES, N.J., H.R. BURTON (1987)

Prolonged and multiple Immobilization of the Southern Elephant Seal using Ketamine Hydrochloride-Xylazine Hydrochloride or Ketamine Hydrochloride-Diazepam combinations.

Journal of Wildlife Diseases 23(4):614-618

GALES, N.J., H.R. BURTON (1989)

The past and present status of the southern elephant seal (*Mirounga leonina* Linn.) in Greater Antarctica.

Mammalia 53(1):35-47

GEIGY AG PHARMA (1992)

Wissenschaftliche Tabellen, S. 510-511.

in Documenta Geigy, 7. Auflage, Basel, CH

GERACI, J.R. (1973)

An appraisal of Ketamine as an immobilizing agent in wild and captive pinnipeds.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 163(6):574-577

GERACI, J.R., K. SKIRNISSON, D.J. AUBIN (1981)

A safe method for repeatedly immobilizing seals.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 11:1192-1193

GÖLTENBOTH, R. (1995)

Die medikamentöse Immobilisation der Zoo- und Wildtiere.

in H.G. Klös und R. Gölthenboth: Krankheiten der Zoo- und Wildtiere, Kapitel 2.1, S. 3-8

Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin

GÖLTENBOTH, R. (1988)

Zum aktuellen Stand der Immobilisation der Zootiere.

Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 95:402-403

GOLDSTEIN, J.L., M.S. BROWN (1977)

The low density lipoprotein pathway and its relation to atherosclerosis.

Annual Review of Biochemistry 46:897-930

GRAY, J.E. (1827)

Mammalia

Vol. 5 of The Animal Kingdom Arranged in Conformity with Its Organisation, Byron

(G.) Cuvier, with additional descriptions by Edward Griffith and others. 16 vols. London:

George B. Whittaker

- HACKLER, R., J.R. SCHÄFER, S. MOTZNY, S. BRAND, T.O. KLEINE, H. KAFFARNIK, A. STEINMETZ (1994)
Rapid determination of apolipoprotein E phenotypes from whole plasma by automated isoelectric focusing using PhastSystem™ and immunofixation
Journal of Lipid Research 35:153-158
- HALEVY, D., J. THIERY, D. NAGEL, S. ARNOLD, E. ERDMANN, B. HÖFLING, P. CREMER, D. SEIDEL (1997)
Increased Oxidation of LDL in Patients With Coronary Artery Disease is Independent From Dietary Vitamins E and C.
Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology 17(7):1432-1437
- HAMILTON, R.L., M.C. WILLIAMS, C.J. FIELDING, R.J. HAVEL (1976)
Discoidal bilayer structure of nascent high density lipoproteins from perfused rat liver.
Journal of Clinical investigation 58(3):667-680
- HAMMOND, D., R. ELSNER (1977)
Anaesthesia in phocid seals.
J. Zoo. Anim. Med. 8(2):7-13
- HARRIS, W.S., W.E. CONNOR, M.P. McMURRY MP (1983)
The comparative Reduction of the Plasma Lipids and Lipoproteins by Dietary Polyunsaturated Fats: Salmon Oil Versus Vegetable Oils.
Metabolism 32(2):179-184
- HATLAPA, H.H., H. WIESNER (1982)
Injektionssysteme und Beschußgeräte.
in H.H. Hatlapa, H. Wiesner (Hrsg.): Die Praxis der Wildtierimmobilisation
Paul Parey, Hamburg und Berlin
- HAVEL, R.J., H.A. EDER, J.H. BRAGDON (1955)
The distribution and chemical composition of ultracentrifugally separated lipoproteins in human serum.
Journal of Clinical Invest. 34:1345-1353,
- HAVEL, R.J., C.J. FIELDING, T. OLIVECRONA, V.G. SHORE, P.E. FIELDING (1973)
Cofactor activity of protein components of human very low density lipoproteins in the hydrolysis of triglycerides by lipoproteins lipase from different sources.
Biochemistry 12(9):1828-1833
- HAVEL, R.J. (1989)
Biology of cholesterol, lipoproteins and arteriosclerosis.
Clinical and experimental Hypertension. Part A, Theory and Practice 11:887-900

- HENDEY, Q.B. (1972)
The evolution and dispersal of the Monachinae (Mammalia: Pinnipedia)
Annals of the South African Museum 59:99-113
- HENDEY, Q.B., C.A. REPENNING (1972)
A Pliocene phocid from South Africa
Annals of the South African Museum 59:71-98
- HINDELL, M.A., D.J. SLIP, H.R. BURTON (1994)
Body mass loss of moulting female southern elephant seals, *Mirounga leonina*, at Macquarie Island.
Polar Biology 14:275-278
- HINDELL, M.A. , D.J. SLIP, H.R. BURTON (1991)
The Diving Behaviour of Adult Male and Female Southern Elephant Seals, *Mirounga leonina*.
Australian Journal of Zoology 39:595-619
- HOFFMANN-OSTENHOF, O., W.E. COHN, A.E. BRAUNSTEIN, H.B.F. DIXON, B.L. HORECKER, W.B. JAKOBY, P. KARLSON, W. KLYNE, C. LIEBECQ, E.C. WEBB (1977/78)
The nomenclature of lipids; Hoppe-Seyler's Zschr. Physiol. Chem. 358:617-631
Journal of Lipid Research 19:114-129
- ILLINGWORTH, D.R., W.S. HARRIS, W.E. CONNOR (1984)
Inhibition of Low Density Lipoprotein Synthesis by Dietary Omega.-3 Fatty Acids in Humans.
Arteriosclerosis 4(3):270-275
- KANNEL, W.B., M.P.H. WILLIAM, W.P. CASTELLI, T. GORDON (1976)
Cholesterol in the Prediction of Artherosclerotic Disease.
Annals of Internal Medicine 90:85-91
- KAYDEN, H.J., M.G. TRABER (1993)
Absorption, lipoprotein transport and regulation of plasma concentrations of vitamin E in humans.
Journal of Lipid Research 34:343-358
- KENDALL, M.G. (1939)
A new measure for rank correlation.
Biometrika 30:81-93

LITERATURVERZEICHNIS

- KHOSLA, P., K. SUNDRAM (1996)
Effects of dietary fatty acid composition on plasma cholesterol.
Prog. Lipid Res. 35(2):93-132,
- KING, J.E. (1983)
Seals of the world
2. Auflage, Ithaca: Cornell University Press
- KLEIN, H.G. (1994, pers. Mitt.)
Konservierung von Blutproben für Lipidanalytik
Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern der LMU München
- KOBERG, J. (1985)
Krankheiten und Immobilisation bei Robben (Pinnipedia) in der veterinär-medizinischen Literatur.
Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Diss.
- KOOYMAN G.L., M.A. CASTELLINI, R.W. DAVIS, R.S. MAUE (1983)
Aerobic diving limits of immature Weddell seals.
J. Comp. Physiol. B. 151(2B):171-174
- KROMHOUT, D., E.B. BOSSCHIETER, C.J. COULANDER (1985)
The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease.
The New England Journal of Medicine 312(19):1205-1209
- KRIEGER, M., J. HERTZ (1994)
Structures and functions of multiligand lipoprotein receptors: macrophage scavenger receptors and LDL receptor-related protein (LRP).
Annual Reviews of Biochemistry 63:601-637
- LANDSCHULZ, K.T., R.K. PATHAK, A. RIGOTTI, M. KRIGER, H.H. HOBBS (1996)
Regulation of Scavenger Receptor, Class B, Type I, a High Density Lipoprotein Receptor, in Liver and Steroidogenic Tissues of the Rat.
Journal of Clinical Investigation 98(4):984-995
- LARSSON, A., R. FÄNGE (1977)
Cholesterol and free fatty acids (FFA) in the blood of marine fish.
Comp. Biochem. Physiol. 57B:191-196
- LAWS, R.M. (1953)
The southern elephant seal (*Mirounga leonina* L.) Growth and age.
Falkland Islands Dependencies Survey Scientific Reports 13:1-62

- LAWS, R.M. (1960)
The Southern Elephant Seal (*Mirounga leonina* Linn.) at South Georgia.
Norsk Hvalfangst-Tidende 10(11):466-476, 520-542
- LE BOEUF, B.J., D.P. COSTA, A.C. HUNTLEY, S.D. FELDKAMP (1988)
Continuous, deep diving in female northern elephant seals, *Mirounga angustirostris*
Can. J. Zool. 66:446-458
- LEHMANN, J., H.L. MARTIN (1982)
Improved direct determination of alpha- and gamma-tocopherols in plasma and platelets
by liquid chromatography, with fluorescence detection
Clinical Chemistry 28(8):1784-1787
- LING, J.K., M.M. BRYDEN (1981)
Southern Elephant Seal (*Mirounga leonina* Linnaeus, 1758).
in Ridgway und Harrison (Hrsg.): Handbook of Marine Mammals, Chapter 13,
S. 297-325
- LING, J.K. (1965)
Hair Growth and Moulting in the Southern Elephant Seal *Mirounga leonina*.
In: A.G. Lyne & B.F. Short (Hrsg.) Biology of the Hair and Skin Growth.
Angus and Robertson, Sydney, AUS 1965
- LINTON, M.F., J.B. ATKINSON, S. FAZIO (1995)
Prevention of arteriosclerosis in apolipoprotein E deficient mice by bone marrow
transplantation.
Science 267:1034-1037
- LOEB, W.F., F.W. QUIMBY (1989)
The clinical chemistry of laboratory animals
Pergamon press Incorporation
- LOOMIS, M.R., R.V. HENRICKSON, J.H. ANDERSON (1980)
Effects of ketamine hydrochlorid on the hemogram of Rhesus Monkeys (*Macaca
mulatta*).
Lab. Anim. Sci 30(5):851-853
- LORENZ, R.J. (1988)
Grundbegriffe der Biometrie.
Gustav Fischer Verlag, 2.Auflage, Stuttgart, New York

- MAHLEY, R.W (1983)
Development of accelerated atherosclerosis. Concepts derived from cell biology and animal model studies.
Archives of Pathology and Laboratory Medicine 107(8):393-399
- MAHLEY, R.W., T.L. INNERARITY (1983)
Lipoprotein receptors and cholesterol homeostasis.
Biochimica et Biophysika Acta 737(2):pp. 197-222
- MARGNI, R.A, S.E. HAJOS, M.R. MERCADO (1972)
Anarctic seal serum proteins, glycoproteins and lipoproteins.
Experientia 28:862
- McCANN, T.S. (1980)
Population structure and social organization of Southern Elephant Seals, *Mirounga leonina* (Linn.).
Biological Journal of the Linnean Society 14:133-150
- McCANN, T.S., M.A. FEDAK, J. HARWOOD (1989)
Parenteral investment in southern elephant seals, *Mirounga leonina*.
Behav. Ecol. Sociobiol. 25:81-87
- McGARRY, J.D., D.W. FOSTER (1980)
Regulation of hepatic fatty acid oxidation and ketone body production
Annual Rev. Biochem. 49:395-420
- MILLS, G.L., C.E. TAYLAUR (1971)
The distribution and composition of serum lipoproteins in eighteen animals.
Comp. Biochem. Physiol. 40B:489-501
- NOBLE, R.P (1968)
Electrophoretic separation of plasma lipoproteins in agarose gel.
Journal of Lipid Research 9:693-700
- NORDESTGAARD, B.G., R. WOOTTON, B. LEWIS (1995)
Selective retention of VLDL, IDL, and LDL in the arterial intima of genetically hyperlipidemic rabbits in vivo. Molecular size as a determinant of fractional loss from the intima-inner media.
Arteriosclerosis, Thrombosis, and vascular biology 15(4):534-542
- OCHS, A. (1990)
Ein Beitrag zur Gewinnung, Beurteilung und Konservierung von Sperma bei Primaten und Carnivoren.
Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin, Diss.

- OLIVER, M.F. (1990)
Lipids and coronary disease-resolved and unresolved problems.
British Medical Bulletin 46(4):865-872
- PARRY, K. S.S. ANDERSON, M.A. FEDAK (1981)
Chemical immobilization of gray seals
Journal of Wildlife Management 45(4):986-990
- PHILLIPS, J.W., F.J.R. HIRD (1977)
Ketogenesis in vertebrate livers.
Comp. Biochem. Physiol. 57B:133-138
- PLÖTZ, J., H. BORNEMANN, H.G. KLEIN, U. WELSCH (1995)
Die Weddellrobbe - Ein Tauchspezialist in der Hochantarktis. In: I. Hempel und G. Hempel: Biologie der Polarmeere, Gustav Fischer Verlag, 1995
- PLÖTZ, J., W. EKAU, P.J. REIJNDERS (1991)
Diet of Weddell Seals, *Leptonychotes weddellii*, at Vestkapp, eastern Weddell sea (Antarctica), in relation to local food supply.
Marine Mammal Science 7(2):136-144
- PUPPIONE, D.L. (1978)
Serum Lipoproteins in two species of Phocids (*Phoca vitulina* and *Mirounga angustirostris*) during Alimentary lipemia.
Comp. Biochem. Physiol. 59A:127-132
- PUPPIONE, D.L., A.V. NICHOLS (1970)
Characterization of the chemical and physical properties of the serum lipoproteins of certain marine mammals
Physiol. Chem. & Physics 2:49-58
- PUPPIONE, D.L., G.M. FORTE, A.V. NICHOLS, E.H. STRISOVER (1970)
Partial characterization of serum lipoproteins in the density interval 1.04-1.06 g/ml.
Biochimica et Biophysica Acta 202:392-395
- RAMDOHR, S., W. BUCHHEIM (unveröffentlicht)
Untersuchungen zum Fettsäuregehalt und zur Ultrastruktur der Milch des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina*)
Bundesanstalt für Milchforschung, Kiel
- RANDOLPH, M.N., R.R. RYAN (1950)
A slicer for sampling liquids
Science 112:528-531

- REDGRAVE, T.G, D.C.K. ROBERTS, C.E. WEST (1975)
Separation of Plasma lipoprotein by density gradient ultracentrifugation.
Analytical Biochemistry 65:42-49
- REID, K., G.A. NEVITT (1998)
Observation of Southern elephant seal, *Mirounga leonina*, feeding at sea near South Georgia.
Marine Mammal Science 14(3):637-640
- REITER, J.,N.L. STINSON, B. LE BOEUF (1978)
Northern Elephant Seal Development: The transition from weaning to nutritional independence.
Behavioral Ecology and Sociobiology. 3:337-367
- RODHOUSE, P.G., T.R. ARNBOM, M.A. FEDAK, J. YEATMAN, A.W. MURRAY (1992)
Cephalopod prey of the southern elephant seal, *Mirounga leonina* L.
Canadian Journal of Zoology 70:007-1015
- RUDOLPH, R. (1997, pers. Mitt.)
Histologischer Befund einer Arterie eines See-Elefanten
Institut für Veterinärpathologie der Freien Universität Berlin
- RYDING, F.N. (1982)
Ketamine immobilization of Southern Elephant Seals by a remote injection method.
Brit. Ant. Surv. Bull. 57:21-26
- SCAR (1991)
Status of stocks, S. 2-4
Report of the workshop on Southern Elephant Seals, Monterey, California 1991,
- SCAR (1996)
Size and status of southern elephant seal populations S. 6
Report of the SCAR Meeting, Cambridge 1996
- SCHACKY, C. (1987)
Prophylaxis of Artherosclerosis with Marine Omega-3 Fatty Acids.
Annals of Internal Medicine 107:890-899
- SCHUMACHER, U., U. WELSCH (1987)
Histological, histochemical, and fine structural observations on the spleen of seals.
American Journal of Anatomy 179:673-687

- SCHUMACHER, U., G. RAUH, J. PLÖTZ, U. WELSCH (1992)
Basic biochemical data on blood from Antarctic Weddell Seals (*Leptonychotes weddellii*). Ions, Lipids, Enzymes, Serum proteins and thyroid hormones.
Comp. Biochem. Physiol. 102(3):449-451
- SCHWEIGERT, F.J., W.T. STOBO, H. ZUCKER (1990)
Vitamin E and fatty acids in the grey seal (*Halichoerus grypus*).
J. Comp. Physiol. 159B:649-654
- SEIDEL, D. (1993)
Risikofaktoren der Atherogenese, Mechanismen ihrer Wirkung und klinische Bewertung
Deutsches Ärzteblatt 36, A1:2307-2315
- SHEEHAN, D. (1996)
Fast protein liquid chromatography (FPLC) methods.
Methods in Molecular Biology 59:269-275
- SHELLEY S.A., E.P. JUNE, J.U. BALIS (1984)
Lung Surfactant Phospholipids in Different Animal Species.
Lipids 19(11):857-862
- SHEPHERD, J., C.J. PACKARD (1989)
Lipoprotein metabolism in familial hypercholesterinemia.
Atherosclerosis 9(1):139-142
- SIMPSON, H.D., R. SHEPERD, J. SHEPERD, R. FRASER, A.F. LEVER (1989)
Effects of cholesterol and lipoproteins on aldosterone secretion by bovine zona glomerulosa cells.
Journal of Endocrinology 121(1):125-131
- SINIFF, D.B (1991)
An Overview of the Ecology of Antarctic Seals.
Symp. Antarctic Marine Biology, Annual Meeting of Am Soc Zool. 1988, San Diego, CA
- SLIP, D.J, N.J. GALES, H.R. BURTON (1992)
Body Mass Loss, Utilisation of Blubber and Fat, and Energetic Requirements of Male Southern Elephant Seals, *Mirounga leonina*, During the Moulting Fast.
Australian Journal of Zoology 40:235-243
- STEINBERG, D. (1996)
A Docking Receptor for HDL Cholesterol Esters.
Science 271:460-461

SWANSON, C. (1993)

Überwachung des Patienten während der Anästhesie
In: Muir, Hubbell, Skarda (Hrsg): Veterinäranaesthesie, Schattauer, 1993

THIERY, J. (1995, pers. Mitt.)

Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie.
Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern, LMU München

THIERY, J., HAAS, U. (1997, pers. Mitt.)

Modifikationen der FPLC-Methode nach Linton et. al. (1995)
Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern, LMU München

THIERY, J., HAAS, U. (1997, pers. Mitt.)

Durchführung der Vitamin E-Messung mittels HPLC bei nicht-humanem Serum
Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern der LMU München

THIERY, J., D. TEUPSER (1997)

Ist eine Vitamin E-Supplementierung zur Prävention der koronaren Herzkrankheit
sinnvoll?
Der Internist 38:168-176

TIMMERMEISTER, R., P. CREMER (1995, 1996, pers. Mitt.)

Verfahren bei der Trennung von Lipoproteinen bei der analytischen Ultrazentrifugation.
Institut für Klinische Chemie, Klinikum Großhadern, LMU München

WELSCH, U., W. BUCHHEIM, U. SCHUMACHER, I. SCHINKO, S. PATTON (1988)

Structural, histochemical and biochemical observations on horse milk-fat-globule
membranes and casein micelles.
Histochemistry 88:357-365

WELSCH, U., S. HERZMANN (1997, pers. Mitt.)

Methodik der Elektronenmikroskopie von Lipoproteinen
Anatomische Anstalt der Ludwig-Maximilian-Universität (LMU), München

WILLIAMS, R.J., J.M. MOTTERAM, C.H. SHARP, P.J. GALLAGHER (1992)

Dietary Vitamin E and the attenuation of early lesion development in modified Watanabe
rabbits.
Atherosclerosis 94:153-159

WOODS, R., M.HINDELL, D.J. SLIP (1989)

Effects of physiological state on duration of sedation in Southern Elephant Seals.
Journal of Wildlife Diseases 25(4):586-590

LITERATURVERZEICHNIS

WOODS, R., S. McLEAN, S. NICOL, H. BURTON (1994)

A comparison of some cyclohexamine based drug combinations for chemical restraint of Southern elephant seals, *Mirounga leonina*.

Marine Mammal Science 10(4):412-429

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- * **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- * **Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge
zusammengestellt von Norbert Klages
- * **Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT II), von Bodo Morgenstern
- * **Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- * **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- * **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- * **Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- * **Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- * **Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- * **Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung
- * **Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- * **Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundscheppnetzfüge und Liste der Probenahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- * **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- * **Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Kohnen
- * **Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- * **Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12. - 16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- * **Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- * **Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- * **Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- * **Heft Nr. 17/1984** – Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- * **Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- * **Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas-Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Kohnen
- * **Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘ und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel
- * **Heft Nr. 21/1985** – „Euphausiid larvae in plankton from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982“ by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- * **Heft Nr. 22/1985** – „Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean“ by Uwe Piatkowski
- * **Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana“ von Hans-Peter Marschall

- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84“ von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- * **Heft Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/1985“ herausgegeben von Gotthilf Hempel.
 - * **Heft Nr. 26/1985** – „The Southern Ocean“; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
 - * **Heft Nr. 27/1986** – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See“ von Hannes Grobe
 - Heft Nr. 28/1986** – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985 mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
 - * **Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.“ Rückblick und Ausblick. Zusammenge stellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
 - Heft Nr. 30/1986** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982“ by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
 - * **Heft Nr. 31/1986** – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel“ von A. Kellermann
 - * **Heft Nr. 32/1986** – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
 - Heft Nr. 33/1987** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4“ von Dieter Karl Fütterer
 - Heft Nr. 34/1987** – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischen Makroplankton“ von U. Piatkowski
 - Heft Nr. 35/1987** – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)“ von E. Boysen-Ennen
 - Heft Nr. 36/1987** – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*“ von M. Reinke
 - Heft Nr. 37/1987** – „The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)“ 1986 by Heinrich Hoerber und Marianne Gube-Lehnhardt
 - Heft Nr. 38/1987** – „The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984“ by M. Gube-Lenhardt
 - Heft Nr. 39/1987** – „Die Winter-Expedition mit FS ‚Polarstern‘ in die Antarktis (ANT V/1-3)“ herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel
 - Heft Nr. 40/1987** – „Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16 - September 10, 1986“ by Werner Rabe
 - Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)“ von Julian Gutt
 - Heft Nr. 42/1988** – „The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic“ by Werner Beckmann
 - * **Heft Nr. 43/1988** – „Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3“ Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
 - * **Heft Nr. 44/1988** – „Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts“ by Hans-Jürgen Hirche
 - Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)“ von Joachim Voß
 - Heft Nr. 46/1988** – „Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)“ by Eberhard Fahrbach
 - Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres“ von Wolfgang Oskierski
 - Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station“ von Arnold Brodscholl
 - * **Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton“ von Wilhelm Hagen
 - * **Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis“ von Wolfgang Kobarg
 - Heft Nr. 51/1988** – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau
 - Heft Nr. 52/1988** – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg
 - * **Heft Nr. 53/1988** – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig
 - Heft Nr. 54/1988** – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach
 - Heft Nr. 55/1988** – „Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant. V/3)“ by Elke Mizdalski
 - Heft Nr. 56/1989** – „Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3“ by G. Krause, J. Meinke und J. Thiede

- Heft Nr. 57/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“
Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4-5 von H. Miller und H. Oerter
- **Heft Nr. 58/1989** – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“
von D. K. Fütterer
 - Heft Nr. 59/1989** – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“
von M. Spindler
 - Heft Nr. 60/1989** – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“
von H. H. Hellmer
 - Heft Nr. 61/1989** – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland,
Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters
 - * **Heft Nr. 62/1989** – „The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV ‚Polarstern‘
in 1988/89“, by I. Hempel
 - Heft Nr. 63/1989** – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse
sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch
 - Heft Nr. 64/1989** – „Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)“ by L. Helmes
 - Heft Nr. 65/1989** – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek
 - Heft Nr. 66/1989** – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung
des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk
 - Heft Nr. 67/1990** – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“,
edited by Adolf Kellermann
 - Heft Nr. 68/1990** – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‚Polarstern‘ in 1989“,
edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel
 - Heft Nr. 69/1990** – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom
Eisgefüge“, von Harald Hellmann
 - **Heft Nr. 70/1990** – „Die beschalteten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des
Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain
 - Heft Nr. 71/1990** – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches
Weddellmeer)“, von Dieter Cordes
 - Heft Nr. 72/1990** – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea
in summer 1980/81“, by F. Kurbjewit and S. Ali-Khan
 - Heft Nr. 73/1990** – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen
und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter
 - Heft Nr. 74/1990** – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1989“
von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 75/1991** – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkey-Plateaus im
nordwestlichen Weddellmeer (Antarktis)“, von Sigrun Grünig
 - Heft Nr. 76/1990** – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten im Benthal von King George Island
(Südshetlandinseln, Antarktis)“, von Martin Rauschert
 - Heft Nr. 77/1990** – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel
unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen im Herbst“, von Heinz Klöser
 - Heft Nr. 78/1991** – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer
Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk
 - Heft Nr. 79/1991** – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz
antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -Dimethylsulfoniumpropionat
(DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten
 - Heft Nr. 80/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“,
herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel
 - Heft Nr. 81/1991** – „Paläoglaziologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des
südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles
 - Heft Nr. 82/1991** – „Quantifizierung von Meereseigenschaften: Automatische Bildanalyse von
Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken
 - Heft Nr. 83/1991** – „Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen
mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann
 - Heft Nr. 84/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study
der Forschungsschiffe ‚Polarstern‘ und ‚Akademik Fedorov‘“, von Ernst Augstein,
Nikolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke
 - Heft Nr. 85/1991** – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz
des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl
 - * **Heft Nr. 86/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht vom
Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, von Heinz Miller und Hans Oerter
 - Heft Nr. 87/1991** – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK VI/1-4 of RV ‚Polarstern‘
in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz
 - Heft Nr. 88/1991** – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*,
C. glacialis, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

- Heft Nr. 89/1991** – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeres vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul
- Heft Nr. 90/1991** – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS ‚Polarstern‘ 1989/90. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT-VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems
- Heft Nr. 91/1991** – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann
- Heft Nr. 92/1991** – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm
- Heft Nr. 93/1991** – „Die Expedition ARKTIS VII mit FS ‚Polarstern‘, 1990. Bericht vom Fahrtabschnitt ARK VII/2“, herausgegeben von Gunther Krause
- Heft Nr. 94/1991** – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek
- Heft Nr. 95/1991** – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann
- Heft Nr. 96/1991** – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld
- Heft Nr. 97/1991** – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte von Heimfrontfjella (Westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Joachim Jacobs
- Heft Nr. 98/1991** – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt
- * **Heft Nr. 99/1992** – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts
 - * **Heft Nr. 100/1992** – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1990/91“ herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten
 - Heft Nr. 101/1992** – „Wechselbeziehungen zwischen Schwermetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl
 - Heft Nr. 102/1992** – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispa* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob
 - * **Heft Nr. 103/1992** – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold
 - Heft Nr. 104/1992** – „Mehrkanalige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger
 - Heft Nr. 105/1992** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser
 - Heft Nr. 106/1992** – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock
 - * **Heft Nr. 107/1992** – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, von Dieter K. Fütterer
 - Heft Nr. 108/1992** – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer-Station, Antarktis. – Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf.
 - * **Heft Nr. 109/1992** – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber.
 - * **Heft Nr. 110/1992** – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des norwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme.
 - Heft Nr. 111/1992** – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger.
 - Heft Nr. 112/1992** – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg.
 - Heft Nr. 113/1992** – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS ‚Polarstern‘ 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner.
 - * **Heft Nr. 114/1992** – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865 - 1875“, von Reinhard A. Krause.
 - Heft Nr. 115/1992** – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV ‚Polarstern‘ (EPOS II)“, by Eike Racher.
 - Heft Nr. 116/1992** – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo.
 - Heft Nr. 117/1992** – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimfrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze.
 - Heft Nr. 118/1993** – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten.
 - * **Heft Nr. 119/1993** – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P. A. Wöhrmann.
 - * **Heft Nr. 120/1993** – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea - its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarlo and Y. P. Sacchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV. ‚Dalnie Zelentsy‘“, by D. Nürnberg and E. Groth.

- **Heft Nr. 121/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas
- Heft Nr. 122/1993** – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek.
- * **Heft Nr. 123/1993** – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland.
- Heft Nr. 124/1993** – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve.
- Heft Nr. 125/1993** – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien.
- Heft Nr. 126/1993** – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartier anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski
- **Heft Nr. 127/1993** – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg.
- Heft Nr. 128/1993** – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV ‚Polarstern‘: CTD-Report“, von Marek Zwierz.
- Heft Nr. 129/1993** – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjeweit
- Heft Nr. 130/1993** – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld
- Heft Nr. 131/1993** – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft Nr. 132/1993** – „Bildung und Abgabe kurzkettiger halogenierter Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laturnus
- Heft Nr. 133/1994** – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs
- * **Heft Nr. 134/1994** – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke
- Heft Nr. 135/1994** – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrback und Gunter Krause
- Heft Nr. 136/1994** – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz
- * **Heft Nr. 137/1994** – „Die kältegeprägte Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann
- Heft Nr. 138/1994** – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79° N, 12° E)“, von Georg Beyerle
- Heft Nr. 139/1994** – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler.
- Heft Nr. 140/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1992“, herausgegeben von Peter Lemke
- Heft Nr. 141/1994** – „Satellitaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Clemens Heidland
- Heft Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV ‚Polarstern‘ Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG ‚Polar Bear‘ cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund Ost-Grönland“, von Notker Fechner
- Heft Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidmarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- **Heft Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV ‚Polarstern‘ Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche.
- Heft Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumayer 1982 - 1992“, by Torsten Schmidt and Gerd König-Langlo.
- Heft Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell-See / Antarktis“, von Christian Hübscher.
- * **Heft Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles.
- ** **Heft Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS ‚Polarstern‘ 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer.
- Heft Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik.
- Heft Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidmarie Kassens and Valeriy Y. Karply.
- Heft Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS ‚Polarstern‘ 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten / ANT-X / 1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller.
- Heft Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten.
- Heft Nr. 154/1994** – „Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter.

- Heft Nr. 155/1995** – „Benthos in polaren Gewässern“, herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz.
- Heft Nr. 156/1995** – “An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients”, by Reiner Schlitzer.
- Heft Nr. 157/1995** – „Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden“, von Kirsten Fahl.
- **Heft Nr. 158/1995** – „Die Deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis“, von Cornelia Lüdecke.
 - * **Heft Nr. 159/1995** – “The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters”, by Dorothea Bauch.
 - * **Heft Nr. 160/1995** – „Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen“, von Gerhard Schmiedl.
 - Heft Nr. 161/1995** – „Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros sp.* und *Navicula sp.* unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin“, von Jürgen Nothnagel.
 - Heft Nr. 162/1995** – „Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig.
 - Heft Nr. 163/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde.
 - Heft Nr. 164/1995** – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs.
 - Heft Nr. 165/1995** – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke.
 - Heft Nr. 166/1995** – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer.
 - * **Heft Nr. 167/1995** – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler
 - Heft Nr. 168/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS ‚Polarstern‘ 1993/94. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer
 - Heft Nr. 169/1995** – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann
 - Heft-Nr. 170/1995** – DFG-Kolloquium: Terrestrische Geowissenschaften – Geologie und Geophysik der Antarktis.
 - Heft Nr. 171/1995** – „Strukturentwicklung und Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der nördlichen Heimfrontfjella (westliches Dronning Maud Land/Antarktika)“, von Wilfried Bauer.
 - Heft Nr. 172/1995** – „Die Struktur der Erdkruste im Bereich des Scoresby Sund, Ostgrönland: Ergebnisse refraktionseismischer und gravimetrischer Untersuchungen“, von Holger Mandler.
 - Heft Nr. 173/1995** – „Paläozoische Akkretion am paläopazifischen Kontinentalrand der Antarktis in Nordvictorialand – P-T-D-Geschichte und Deformationsmechanismen im Bowers Terrane“, von Stefan Matzer.
 - Heft Nr. 174/1995** – “The Expedition ARKTIS-X/2 of RV ‚Polarstern‘ in 1994“, edited by Hans-W. Hubberten
 - Heft Nr. 175/1995** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1994“, edited by Christine Siebert and Gmitry Bolshiyarov.
 - * **Heft Nr. 176/1995** – “Russian-German Cooperation: Laptev Sea System“, edited by Heidemarie Kassens, Dieter Piepenburg, Jörn Thiede, Leonid Timokhov, Hans-Wolfgang Hubberten and Sergey M. Priamikov.
 - Heft Nr. 177/1995** – „Organischer Kohlenstoff in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans: Terrigener Eintrag und marine Produktivität“, von Carsten J. Schubert
 - Heft Nr. 178/1995** – “Cruise ANTARKTIS XII/4 of RV ‚Polarstern‘ in 1995: CTD-Report“, by Jüri Sildam.
 - Heft Nr. 179/1995** – „Benthische Foraminiferenfaunen als Wassermassen-, Produktions- und Eisdriftanzeiger im Arktischen Ozean“, von Jutta Wollenburg.
 - Heft Nr. 180/1995** – „Biogenopal und biogenes Barium als Indikatoren für spätquartäre Produktivitätsänderungen am antarktischen Kontinentalhang, atlantischer Sektor“, von Wolfgang J. Bonn.
 - Heft Nr. 181/1995** – „Die Expedition ARKTIS X/1 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
 - Heft Nr. 182/1995** – “Laptev Sea System: Expeditions in 1994“, edited by Heidemarie Kassens.
 - Heft Nr. 183/1996** – „Interpretation digitaler Parasound Echolotaufzeichnungen im östlichen Arktischen Ozean auf der Grundlage physikalischer Sedimenteigenschaften“, von Uwe Bergmann.
 - Heft Nr. 184/1996** – “Distribution and dynamics of inorganic nitrogen compounds in the troposphere of continental, coastal, marine and Arctic areas“, by Maria Dolores Andrés Hernández.
 - Heft Nr. 185/1996** – „Verbreitung und Lebensweise der Aphroditen und Polynoiden (Polychaeta) im östlichen Weddellmeer und im Lazarevmeer (Antarktis)“, von Michael Stiller.
 - Heft Nr. 186/1996** – “Reconstruction of Late Quaternary environmental conditions applying the natural radionuclides ^{230}Th , ^{10}Be , ^{231}Pa and ^{238}U : A study of deep-sea sediments from the eastern sector of the Antarctic Circumpolar Current System“, by Martin Frank.
 - Heft Nr. 187/1996** – “The Meteorological Data of the Neumayer Station (Antarctica) for 1992, 1993 and 1994“, by Gert König-Langlo and Andreas Herber.
 - Heft Nr. 188/1996** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1994“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe.
 - Heft Nr. 189/1996** – „Die Expedition ARKTIS-VIII/3 mit FS ‚Polarstern‘ 1990“, herausgegeben von Heinz Miller und Hannes Grobe

- Heft Nr. 190/1996** – "Cruise report of the Joint Chilean-German-Italian Magellan 'Victor Hensen' Campaign in 1994", edited by Wolf Arntz and Matthias Gorny.
- Heft Nr. 191/1996** – "Leitfähigkeits- und Dichtemessung an Eisbohrkernen", von Frank Wilhelms.
- Heft Nr. 192/1996** – "Photosynthese-Charakteristika und Lebensstrategie antarktischer Makroalgen", von Gabriele Weykam.
- Heft Nr. 193/1996** – "Heterogene Reaktionen von N₂O₅ und Hbr und ihr Einfluß auf den Ozonabbau in der polaren Stratosphäre", von Sabine Seisel.
- Heft Nr. 194/1996** – "Ökologie und Populationsdynamik antarktischer Ophiuroiden (Echinodermata)", von Corinna Dahm.
- Heft Nr. 195/1996** – "Die planktische Foraminifere *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) im Weddellmeer, Antarktis", von Doris Berberich.
- Heft Nr. 196/1996** – "Untersuchungen zum Beitrag chemischer und dynamischer Prozesse zur Variabilität des stratosphärischen Ozons über der Arktis", von Birgit Heese.
- Heft Nr. 197/1996** – "The Expedition ARKTIS-XI/2 of 'Polarstern' in 1995", edited by Gunther Krause.
- Heft Nr. 198/1996** – "Geodynamik des Westantarktischen Riftsystems basierend auf Apatit-Spaltspuranalysen", von Frank Lisker.
- Heft Nr. 199/1996** – "The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report on CTD Measurements of RV 'Polarstern' Cruises ARKTIS IX/2 and 3", by Gerion Budéus and Wolfgang Schneider.
- Heft Nr. 200/1996** – "Stability of the Thermohaline Circulation in analytical and numerical models", by Gerrit Lohmann.
- Heft Nr. 201/1996** – "Trophische Beziehungen zwischen Makroalgen und Herbivoren in der Potter Cove (King George-Insel, Antarktis)", von Katrin Iken.
- Heft Nr. 202/1996** – "Zur Verbreitung und Respiration ökologisch wichtiger Bodentiere in den Gewässern um Svalbard (Arktis)", von Michael K. Schmid.
- Heft Nr. 203/1996** – "Dynamik, Rauigkeit und Alter des Meereises in der Arktis – Numerische Untersuchungen mit einem großskaligen Modell", von Markus Harder.
- Heft Nr. 204/1996** – "Zur Parametrisierung der stabilen atmosphärischen Grenzschicht über einem antarktischen Schelfeis", von Dörthe Handorf.
- Heft Nr. 205/1996** – "Textures and fabrics in the GRIP ice core, in relation to climate history and ice deformation", by Thorsteinn Thorsteinsson.
- Heft Nr. 206/1996** – "Der Ozean als Teil des gekoppelten Klimasystems: Versuch der Rekonstruktion der glazialen Zirkulation mit verschiedenen komplexen Atmosphärenkomponenten", von Kerstin Fieg.
- Heft Nr. 207/1996** – "Lebensstrategien dominanter antarktischer Oithonidae (Cyclopoida, Copepoda) und Oncaeidae (Poecilostomatoida, Copepoda) im Bellingshausenmeer", von Cornelia Metz.
- Heft Nr. 208/1996** – "Atmosphäreneinfluß bei der Fernerkundung von Meereis mit passiven Mikrowellenradiometern", von Christoph Oelke.
- Heft Nr. 209/1996** – "Klassifikation von Radarsatellitendaten zur Meereiserkennung mit Hilfe von LIne-Scanner-Messungen", von Axel Bochert.
- Heft Nr. 210/1996** – "Die mit ausgewählten Schwämmen (Hexactinellida und Demospongiae) aus dem Weddellmeer, Antarktis, vergesellschaftete Fauna", von Kathrin Kunzmann.
- Heft Nr. 211/1996** – "Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR 1995 and the Expedition KOLYMA 1995", by Dima Yu. Bolshiyarov and Hans-W. Hubberten.
- Heft Nr. 212/1996** – "Surface-sediment composition and sedimentary processes in the central Arctic Ocean and along the Eurasian Continental Margin", by Ruediger Stein, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 213/1996** – "Gonadenentwicklung und Eiproduktion dreier *Calanus*-Arten (Copepoda): Freilandbeobachtungen, Histologie und Experimente", von Barbara Niehoff.
- Heft Nr. 214/1996** – "Numerische Modellierung der Übergangszone zwischen Eisschild und Eisschelf", von Christoph Mayer.
- Heft Nr. 215/1996** – "Arbeiten der AWI-Forschungsstelle Potsdam in Antarktika, 1994/95", herausgegeben von Ulrich Wand.
- Heft Nr. 216/1996** – "Rekonstruktion quartärer Klimaänderungen im atlantischen Sektor des Südpolarmeeress anhand von Radiolarien", von Uta Brathauer.
- Heft Nr. 217/1996** – "Adaptive Semi-Lagrange-Finite-Elemente-Methode zur Lösung der Flachwassergleichungen: Implementierung und Parallelisierung", von Jörn Behrens.
- Heft Nr. 218/1997** – "Radiation and Eddy Flux Experiment 1995 (REFLEX III)", by Jörg Hartmann, Axel Bochert, Dietmar Freese, Christoph Kottmeier, Dagmar Nagel and Andreas Reuter.
- Heft Nr. 219/1997** – "Die Expedition ANTARKTIS-XII mit FS 'Polarstern' 1995. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XII/3, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 220/1997** – "Ein Beitrag zum Schwerfeld im Bereich des Weddellmeeres, Antarktis. Nutzung von Altimetermessungen des GEOSAT und ERS-1", von Tilo Schöne.
- Heft Nr. 221/1997** – "Die Expeditionen ANTARKTIS-XIII/1-2 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1995/96", herausgegeben von Ulrich Bathmann, Mike Lukas und Victor Smetacek.
- Heft Nr. 222/1997** – "Tectonic Structures and Glaciomarine Sedimentation in the South-Eastern Weddell Sea from Seismic Reflection Data", by László Oszkó.

- Heft Nr. 223/1997** – „Bestimmung der Meereisdicke mit seismischen und elektromagnetisch-induktiven Verfahren“, von Christian Haas.
- Heft Nr. 224/1997** – „Troposphärische Ozonvariationen in Polarregionen“, von Silke Wessel.
- Heft Nr. 225/1997** – „Biologische und ökologische Untersuchungen zur kryopelagischen Amphipodenfauna des arktischen Meereises“, von Michael Poltermann.
- Heft Nr. 226/1997** – “Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XI/1 of RV ‘Polarstern’ in 1995“, edited by Eike Rachor.
- Heft Nr. 227/1997** – „Der Einfluß kompatibler Substanzen und Kryoprotektoren auf die Enzyme Malatdehydrogenase (MDH) und Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6P-DH) aus *Acrosiphonia arcta* (Chlorophyta) der Arktis“, von Katharina Kück.
- Heft Nr. 228/1997** – „Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal“, von Katrin Linse.
- Heft Nr. 229/1997** – „Das Mesozooplankton im Laptevmeer und östlichen Nansen-Becken - Verteilung und Gemeinschaftsstrukturen im Spätsommer“, von Hinrich Hanssen.
- Heft Nr. 230/1997** – „Modell eines adaptierbaren, rechnergestützten, wissenschaftlichen Arbeitsplatzes am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung“, von Lutz-Peter Kurdelski
- Heft Nr. 231/1997** – „Zur Ökologie arktischer und antarktischer Fische: Aktivität, Sinnesleistungen und Verhalten“, von Christopher Zimmermann
- Heft Nr. 232/1997** – „Persistente chlororganische Verbindungen in hochantarktischen Fischen“, von Stephan Zimmermann
- Heft Nr. 233/1997** – „Zur Ökologie des Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP)-Gehaltes temperierter und polarer Phytoplanktongemeinschaften im Vergleich mit Laborkulturen der Coccolithophoride *Emiliana huxleyi* und der antarktischen Diatomee *Nitzschia lecontei*“, von Doris Meyerdierks.
- Heft Nr. 234/1997** – „Die Expedition ARCTIC '96 des FS ‚Polarstern‘ (ARK XIII) mit der Arctic Climate System Study (ACSYS)“, von Ernst Augstein und den Fahrteilnehmern.
- Heft Nr. 235/1997** – „Polonium-210 und Blei-210 im Südpolarmeer: Natürliche Tracer für biologische und hydrographische Prozesse im Oberflächenwasser des Antarktischen Zirkumpolarstroms und des Weddellmeeres“, von Jana Friedrich
- Heft Nr. 236/1997** – “Determination of atmospheric trace gas amounts and corresponding natural isotopic ratios by means of ground-based FTIR spectroscopy in the high Arctic“, by Arndt Meier.
- Heft Nr. 237/1997** – “Russian-German Cooperation: The Expedition TAYMYR/SEVERNAYA ZEMLYA 1996“, edited by Martin Melles, Birgit Hagedorn and Dmitri Yu. Bolshiyarov
- Heft Nr. 238/1997** – “Life strategy and ecophysiology of Antarctic macroalgae“, by Iván M. Gómez.
- Heft Nr. 239/1997** – „Die Expedition ANTARKTIS XIII/4-5 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1996“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach und Dieter Gerdes.
- Heft Nr. 240/1997** – „Untersuchungen zur Chrom-Speziation in Meerwasser, Meereis und Schnee aus ausgewählten Gebieten der Arktis“, von Heide Giese.
- Heft Nr. 241/1997** – “Late Quaternary glacial history and paleoceanographic reconstructions along the East Greenland continental margin: Evidence from high-resolution records of stable isotopes and ice-rafted debris“, by Seung-II Nam.
- Heft Nr. 242/1997** – “Thermal, hydrological and geochemical dynamics of the active layer at a continuous permafrost site, Taymyr Peninsula, Siberia“, by Julia Boike.
- Heft Nr. 243/1997** – „Zur Paläoozeanographie hoher Breiten: Stellvertreterdaten aus Foraminiferen“, von Andreas Mackensen.
- Heft Nr. 244/1997** – “The Geophysical Observatory at Neumayer Station, Antarctica, Geomagnetic and seismological observations in 1995 and 1996“, by Alfons Eckstaller, Thomas Schmidt, Viola Graw, Christian Müller and Johannes Røgenhagen.
- Heft Nr. 245/1997** – „Temperaturbedarf und Biogeographie mariner Makroalgen - Anpassung mariner Makroalgen an tiefe Temperaturen“, von Bettina Bischoff-Bäsmann.
- Heft Nr. 246/1997** – „Ökologische Untersuchungen zur Fauna des arktischen Meereises“, von Christine Friedrich.
- Heft Nr. 247/1997** – „Entstehung und Modifizierung von marinen gelösten organischen Substanzen“, von Berit Kirchhoff.
- Heft Nr. 248/1997** – “Laptev Sea System: Expeditions in 1995“, edited by Heidemarie Kassens.
- Heft Nr. 249/1997** – “The Expedition ANTARKTIS XIII/3 (EASIZ I) of RV ‘Polarstern’ to the eastern Weddell Sea in 1996“, edited by Wolf Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 250/1997** – „Vergleichende Untersuchungen zur Ökologie und Biodiversität des Mega-Epibenthos der Arktis und Antarktis“, von Andreas Starmans.
- Heft Nr. 251/1997** – „Zeitliche und räumliche Verteilung von Mineralvergesellschaftungen in spätquartären Sedimenten des Arktischen Ozeans und ihre Nützlichkeit als Klimaindikatoren während der Glazial/Interglazial-Wechsel“, von Christoph Vogt.
- Heft Nr. 252/1997** – „Solitäre Ascidien in der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ihre ökologische Bedeutung und Populationsdynamik“, von Stephan Kühne.
- Heft Nr. 253/1997** – “Distribution and role of microprotozoa in the Southern Ocean“, by Christine Klaas.
- Heft Nr. 254/1997** – „Die spätquartäre Klima- und Umweltgeschichte der Bunger-Oase, Ostantarktis“, von Thomas Kulbe

- Heft Nr. 255/1997** – "Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/2 of RV 'Polarstern' in 1997", edited by Ruediger Stein and Kirsten Fahl.
- Heft Nr. 256/1998** – „Das Radionuklid Tritium im Ozean: Meßverfahren und Verteilung von Tritium im Südatlantik und im Weddellmeer“, von Jürgen Sültenfuß.
- Heft Nr. 257/1998** – „Untersuchungen der Saisonalität von atmosphärischem Dimethylsulfid in der Arktis und Antarktis“, von Christoph Kleefeld.
- Heft Nr. 258/1998** – „Bellingshausen- und Amundsenmeer: Entwicklung eines Sedimentationsmodells“, von Frank-Oliver Nitsche.
- Heft Nr. 259/1998** – "The Expedition ANTARKTIS-XIV/4 of RV 'Polarstern' in 1997", by Dieter K. Fütterer.
- * **Heft Nr. 260/1998** – „Die Diatomeen der Laptevsee (Arktischer Ozean): Taxonomie und biogeographische Verbreitung“, von Holger Cremer
- Heft Nr. 261/1998** – „Die Krustenstruktur und Sedimentdecke des Eurasischen Beckens, Arktischer Ozean: Resultate aus seismischen und gravimetrischen Untersuchungen“, von Estella Weigelt.
- Heft Nr. 262/1998** – "The Expedition ARKTIS-XIII/3 of RV 'Polarstern' in 1997", by Gunther Krause.
- Heft Nr. 263/1998** – „Thermo-tektonische Entwicklung von Oates Land und der Shackleton Range (Antarktis) basierend auf Spaltspuranalysen“, von Thorsten Schäfer.
- Heft Nr. 264/1998** – „Messungen der stratosphärischen Spurengase ClO, HCl, O₃, N₂O, H₂O und OH mittels flugzeuggetragener Submillimeterwellen-Radiometrie“, von Joachim Urban.
- Heft Nr. 265/1998** – „Untersuchungen zu Massenhaushalt und Dynamik des Ronne Ice Shelves, Antarktis“, von Astrid Lambrecht.
- Heft Nr. 266/1998** – "Scientific Cruise Report of the Kara Sea Expedition of RV 'Akademic Boris Petrov' in 1997", edited by Jens Matthiessen and Oleg Stepanets.
- Heft Nr. 267/1998** – „Die Expedition ANTARKTIS-XIV mit FS ‚Polarstern‘ 1997. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-XIV/3“, herausgegeben von Wilfried Jokat und Hans Oerter.
- Heft Nr. 268/1998** – „Numerische Modellierung der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Meereis in der arktischen Eisrandzone“, von Gerit Birnbaum.
- Heft Nr. 269/1998** – "Katabatic wind and Boundary Layer Front Experiment around Greenland (KABEG '97)", by Günther Heinemann.
- Heft Nr. 270/1998** – "Architecture and evolution of the continental crust of East Greenland from integrated geophysical studies", by Vera Schlindwein.
- Heft Nr. 271/1998** – "Winter Expedition to the Southwestern Kara Sea - Investigations on Formation and Transport of Turbid Sea-Ice", by Dirk Dethleff, Per Loewe, Dominik Weiel, Hartmut Nies, Gesa Kuhlmann, Christian Bahe and Gennady Tarasov.
- Heft Nr. 272/1998** – „FTIR-Emissionsspektroskopische Untersuchungen der arktischen Atmosphäre“, von Edo Becker.
- Heft Nr. 273/1998** – „Sedimentation und Tektonik im Gebiet des Agulhas Rückens und des Agulhas Plateaus („SETARAP“)", von Gabriele Uenzelmann-Neben.
- Heft Nr. 274/1998** – "The Expedition ANTARKTIS XIV/2", by Gerhard Kattner.
- Heft Nr. 275/1998** – „Die Auswirkung der 'NorthEastWater'-Polynya auf die Sedimentation von NO-Grönland und Untersuchungen zur Paläo-Ozeanographie seit dem Mittelweichsel“, von Hanne Notholt.
- Heft Nr. 276/1998** – „Interpretation und Analyse von Potentialfelddaten im Weddellmeer, Antarktis: der Zerfall des Superkontinents Gondwana“, von Michael Studinger.
- Heft Nr. 277/1998** – „Koordiniertes Programm Antarktisforschung“. Berichtskolloquium im Rahmen des Koordinierten Programms „Antarktisforschung mit vergleichenden Untersuchungen in arktischen Eisgebieten“, herausgegeben von Hubert Miller.
- Heft Nr. 278/1998** – „Messung stratosphärischer Spurengase über Ny-Ålesund, Spitzbergen, mit Hilfe eines bodengebundenen Mikrowellen-Radiometers“, von Uwe Raffalski.
- Heft Nr. 279/1998** – "Arctic Paleo-River Discharge (APARD). A New Research Programme of the Arctic Ocean Science Board (AOSB)", edited by Ruediger Stein.
- Heft Nr. 280/1998** – „Fernerkundungs- und GIS-Studien in Nordostgrönland“ von Friedrich Jung-Rothenhäusler.
- Heft Nr. 281/1998** – „Rekonstruktion der Oberflächenwassermassen der östlichen Laptevsee im Holozän anhand von aquatischen Palynomorphen“, von Martina Kunz-Pirring.
- Heft Nr. 282/1998** – "Scavenging of ²³¹Pa and ²³⁰Th in the South Atlantic: Implications for the use of the ²³¹Pa/²³⁰Th ratio as a paleoproductivity proxy", by Hans-Jürgen Walter.
- Heft Nr. 283/1998** – „Sedimente im arktischen Meereis - Eintrag, Charakterisierung und Quantifizierung“, von Frank Lindemann.
- Heft Nr. 284/1998** – „Langzeitanalyse der antarktischen Meereisbedeckung aus passiven Mikrowellendaten“, von Christian H. Thomas.
- Heft Nr. 285/1998** – „Mechanismen und Grenzen der Temperaturanpassung beim Pierwurm *Arenicola marina* (L.)“, von Angela Sommer.
- Heft Nr. 286/1998** – „Energieumsätze benthischer Filtrierer der Potter Cove (King George Island, Antarktis)“, von Jens Kowalke.
- Heft Nr. 287/1998** – "Scientific Cooperation in the Russian Arctic: Research from the Barents Sea up to the Laptev Sea", edited by Eike Rachor.

- Heft Nr. 288/1998** – „Alfred Wegener. Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens“, von Ulrich Wutzke.
- Heft Nr. 289/1998** – „Retrieval of Atmospheric Water Vapor Content in Polar Regions Using Spaceborne Microwave Radiometry“, by Jungang Miao.
- Heft Nr. 290/1998** – „Strukturelle Entwicklung und Petrogenese des nördlichen Kristallingürtels der Shackleton Range, Antarktis: Proterozoische und Ross-orogene Krustendynamik am Rand des Ostantarktischen Kratons“, von Axel Brommer.
- Heft Nr. 291/1998** – „Dynamik des arktischen Meereises - Validierung verschiedener Rheologieansätze für die Anwendung in Klimamodellen“, von Martin Kreyscher.
- Heft Nr. 292/1998** – „Anthropogene organische Spurenstoffe im Arktischen Ozean, Untersuchungen chlorierter Biphenyle und Pestizide in der Laptevsee, technische und methodische Entwicklungen zur Probenahme in der Arktis und zur Spurenstoffanalyse“, von Sven Utschakowski.
- Heft Nr. 293/1998** – „Rekonstruktion der spätquartären Klima- und Umweltgeschichte der Schirmacher Oase und des Wohlthat Massivs (Ostantarktika)“, von Markus Julius Schwab.
- Heft Nr. 294/1998** – „Besiedlungsmuster der benthischen Makrofauna auf dem ostgrönländischen Kontinentalhang“, von Klaus Schnack.
- Heft Nr. 295/1998** – „Gehäuseuntersuchungen an planktischen Foraminiferen hoher Breiten: Hinweise auf Umweltveränderungen während der letzten 140.000 Jahre“, von Harald Hommers.
- Heft Nr. 296/1998** – „Scientific Cruise Report of the Arctic Expedition ARK-XIII/1 of RV 'Polarstern' in 1997“, edited by Michael Spindler, Wilhelm Hagen and Dorothea Stübing.
- Heft Nr. 297/1998** – „Radiometrische Messungen im arktischen Ozean - Vergleich von Theorie und Experiment“, von Klaus-Peter Johnsen.
- Heft Nr. 298/1998** – „Patterns and Controls of CO₂ Fluxes in Wet Tundra Types of the Taimyr Peninsula, Siberia - the Contribution of Soils and Mosses“, by Martin Sommerkorn.
- Heft Nr. 299/1998** – „The Potter Cove coastal ecosystem, Antarctica. Synopsis of research performed within the frame of the Argentinean-German Cooperation at the Dallmann Laboratory and Jubany Station (King George Island, Antarctica, 1991 - 1997)“, by Christian Wiencke, Gustavo Ferreyra, Wolf Arntz & Carlos Rinaldi.
- Heft Nr. 300/1999** – „The Kara Sea Expedition of RV 'Akademik Boris Petrov' 1997: First Results of a Joint Russian-German Pilot Study“, edited by Jens Matthiessen, Oleg V. Stepanets, Ruediger Stein, Dieter K. Fütterer, and Eric M. Galimov.
- Heft Nr. 301/1999** – „The Expedition ANTARKTIS XV/3 (EASIZ II)“, edited by Wolf E. Arntz and Julian Gutt.
- Heft Nr. 302/1999** – „Sterole im herbstlichen Weddellmeer (Antarktis): Großräumige Verteilung, Vorkommen und Umsatz“, von Anneke Mühlebach.
- Heft Nr. 303/1999** – „Polare stratosphärische Wolken: Lidar-Beobachtungen, Charakterisierung von Entstehung und Entwicklung“, von Jens Biele.
- Heft Nr. 304/1999** – „Spätquartäre Paläoumweltbedingungen am nördlichen Kontinentalrand der Barents- und Kara-See. Eine Multi-Parameter-Analyse“, von Jochen Knies.
- Heft Nr. 305/1999** – „Arctic Radiation and Turbulence Interaction Study (ARTIST)“, by Jörg Hartmann, Frank Albers, Stefania Argentini, Axel Bochert, Ubaldo Bonafé, Wolfgang Cohrs, Alessandro Conidi, Dietmar Freese, Teodoro Georgiadis, Alessandro Ippoliti, Lars Kaleschke, Christof Lüpkes, Uwe Maixner, Giangiuseppe Mastrantonio, Fabrizio Ravegnani, Andreas Reuter, Giuliano Trivellone and Angelo Viola.
- Heft Nr. 306/1999** – „German-Russian Cooperation: Biogeographic and biostratigraphic investigations on selected sediment cores from the Eurasian continental margin and marginal seas to analyze the Late Quaternary climatic variability“, edited by Robert R. Spielhagen, Max S. Barash, Gennady I. Ivanov, and Jörn Thiede.
- Heft Nr. 307/1999** – „Struktur und Kohlenstoffbedarf des Makrobenthos am Kontinentalhang Ostgrönlands“, von Dan Seiler.
- Heft Nr. 308/1999** – „ARCTIC '98: The Expedition ARK-XIV/1a of RV 'Polarstern' in 1998“, edited by Wilfried Jokat.
- Heft Nr. 309/1999** – „Variabilität der arktischen Ozonschicht: Analyse und Interpretation bodengebundener Millimeterwellenmessungen“, von Björn-Martin Sinnhuber.
- Heft Nr. 310/1999** – „Rekonstruktion von Meereisdrift und terrigenem Sedimenteintrag im Spätquartär: Schwermineralassoziationen in Sedimenten des Laptev-See-Kontinentalrandes und des zentralen Arktischen Ozeans“, von Marion Behrends.
- Heft Nr. 311/1999** – „Parameterisierung atmosphärischer Grenzschichtprozesse in einem regionalen Klimamodell der Arktis“, von Christoph Abegg.
- Heft Nr. 312/1999** – „Solare und terrestrische Strahlungswechselwirkung zwischen arktischen Eisflächen und Wolken“, von Dietmar Freese.
- Heft Nr. 313/1999** – „Snow accumulation on Ekströmisen, Antarctica“, by Elisabeth Schlosser, Hans Oerter and Wolfgang Graf.
- Heft Nr. 314/1999** – „Die Expedition ANTARKTIS XV/4 des Forschungsschiffes ‚Polarstern‘ 1998“, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft Nr. 315/1999** – „Expeditions in Siberia in 1998“, edited by Volker Rachold.
- Heft Nr. 316/1999** – „Die postglaziale Sedimentationsgeschichte der Laptevsee: schwermineralogische und sedimentpetrographische Untersuchungen“, von Bernhard Peregovich.
- Heft-Nr. 317/1999** – „Adaption an niedrige Temperaturen: Lipide in Eisdiatomeen“, von Heidi Lehmal.
- Heft-Nr. 318/1999** – „Effiziente parallele Lösungsverfahren für elliptische partielle Differentialgleichungen in der numerischen Ozeanmodellierung“, von Natalja Rakowsky.

- Heft-Nr. 319/1999** – “The Ecology of Arctic Deep-Sea Copepods (Euchaetidae and Aetideidae). Aspects of their Distribution, Trophodynamics and Effect on the Carbon Flux”, by Holger Auel.
- Heft-Nr. 320/1999** – “Modellstudien zur arktischen stratosphärischen Chemie im Vergleich mit Meßdaten”, von Veronika Eyring.
- Heft-Nr. 321/1999** – “Analyse der optischen Eigenschaften des arktischen Aerosols”, von Dagmar Nagel.
- Heft-Nr. 322/1999** – “Messungen des arktischen stratosphärischen Ozons: Vergleich der Ozonmessungen in Ny-Ålesund, Spitzbergen, 1997 und 1998”, von Jens Langer.
- Heft-Nr. 323/1999** – “Untersuchung struktureller Elemente des südöstlichen Weddellmeeres / Antarktis auf der Basis mariner Potentialfelddaten”, von Uwe F. Meyer.
- Heft-Nr. 324/1999** – “Geochemische Verwitterungstrends eines basaltischen Ausgangsgesteins nach dem spätpleistozänen Gletscherrückzug auf der Taimyrhalbinsel (Zentralsibirien) - Rekonstruktion an einer sedimentären Abfolge des Lama Sees”, von Stefanie K. Harwart.
- Heft-Nr. 325/1999** – “Untersuchungen zur Hydrologie des arktischen Meereises - Konsequenzen für den kleinskaligen Stofftransport”, von Johannes Freitag.
- Heft-Nr. 326/1999** – “Die Expedition ANTARKTIS XIV/2 des Forschungsschiffes ‘Polarstern’ 1998”, herausgegeben von Eberhard Fahrbach.
- Heft-Nr. 327/1999** – “Gemeinschaftsanalytische Untersuchungen der Harpacticoidenfauna der Magellanregion, sowie erste similaritätsanalytische Vergleiche mit Assoziationen aus der Antarktis”, von Kai Horst George.
- Heft-Nr. 328/1999** – “Rekonstruktion der Paläo-Umweltbedingungen am Laptev-See-Kontinentalrand während der beiden letzten Glazial/Interglazial-Zyklen anhand sedimentologischer und mineralogischer Untersuchungen”, von Claudia Müller.
- Heft-Nr. 329/1999** – “Räumliche und zeitliche Variationen atmosphärischer Spurengase aus bodengebundenen Messungen mit Hilfe eines Michelson interferometers”, von Justus Notholt.
- Heft-Nr. 330/1999** – “The 1998 Danish-German Excursion to Disko Island, West Greenland”, edited by Angelika Brandt, Helge A. Thomsen, Henning Heide-Jørgensen, Reinhard M. Kristensen and Hilke Ruhberg.
- Heft-Nr. 331/1999** – “Poseidon” Cruise No. 243 (Reykjavik - Greenland - Reykjavik, 24 August - 11 September 1998): Climate change and the Viking-age fjord environment of the Eastern Settlement, sw Greenland”, by Gerd Hoffmann, Antoon Kuijpers, and Jörn Thiede.
- Heft-Nr. 332/1999** – “Modeling of marine biogeochemical cycles with an emphasis on vertical particle fluxes”, by Regina Usbeck.
- Heft-Nr. 333/1999** – “Die Tanaidaceenfauna des Beagle-Kanals und ihre Beziehungen zur Fauna des antarktischen Festlandssockels”, von Anja Schmidt.
- Heft-Nr. 334/1999** – “D-Aminosäuren als Tracer für biogeochemische Prozesse im Fluß-Schelf-Ozean-System der Arktis”, von Hans Peter Fitznar.
- Heft-Nr. 335/1999** – “Ökophysiologische Ursachen der limitierten Verbreitung reptanter decapoder Krebse in der Antarktis”, von Markus Frederich.
- Heft-Nr. 336/1999** – “Ergebnisse der Untersuchung des grönländischen Inlandeises mit dem elektromagnetischen Reflexionsverfahren in der Umgebung von NGRIP”, von Fidan Göktaş.
- Heft-Nr. 337/1999** – “Paleozoic and mesozoic tectono-thermal history of central Dronning Maud Land, East Antarctica, - evidence from fission-track thermochronology”, by Stefanie Meier.
- Heft-Nr. 338/1999** – “Probleme hoher Stoffwechselraten bei Cephalopoden aus verschiedenen geographischen Breiten”, von Susanne Zielinski.
- Heft-Nr. 339/1999** – “The Expedition ARKTIS XV/1”, edited by Gunther Krause.
- Heft-Nr. 340/1999** – “Microbial Properties and Habitats of Permafrost Soils on Taimyr Peninsula, Central Siberia”, by Nicolé Schmidt.
- Heft-Nr. 341/1999** – “Photoacclimation of phytoplankton in different biogeochemical provinces of the Southern Ocean and its significance for estimating primary production”, by Astrid Bracher.
- Heft-Nr. 342/1999** – “Modern and Late Quaternary Depositional Environment of the St. Anna Trough Area, Northern Kara Sea”, edited by Ruediger Stein, Kirsten Fahl, Gennadij I. Ivanov, Michael A. Levitan, and Gennady Tarasov.
- Heft-Nr. 343/1999** – “ESF-IMPACT Workshop/Oceanic impacts: mechanisms and environmental perturbations, 15-17 April 1999 in Bremerhaven”, edited by Rainer Gersonde and Alexander Deutsch.
- Heft-Nr. 344/1999** – “Die Klimageschichte der hohen nördlichen Breiten seit dem mittleren Miozän: Hinweise aus sedimentologischen-tonmineralogischen Analysen (ODP Leg 151, zentrale Framstraße)”, von Amelie Winkler.
- Heft-Nr. 345/1999** – “Kurzfristige Klimaschwankungen im Scotiameer und Ergebnisse zur Kalbungsgeschichte der Antarktis während der letzten 200 000 Jahre”, von Annette Hofmann.
- Heft-Nr. 346/2000** – “Glazialmarine Sedimentationsentwicklung am westantarktischen Kontinentalrand im Amundsen- und Bellingshausenmeer - Hinweise auf Paläoumweltveränderungen während der quartären Klimazyklen”, von Claus-Dieter Hillenbrand.
- Heft-Nr. 347/2000** – “Zur Ökologie des Phytoplanktons im arktischen Laptevmeer - ein jahreszeitlicher Vergleich”, von Kirsten Tuschling.
- Heft-Nr. 348/2000** – “Untersuchungen zum Fettstoffwechsel des Südlichen See-Elefanten (*Mirounga leonina* L.) in der Antarktis”, von Sven Ramdohr.

* vergriffen / out of print.

** nur noch beim Autor / only from the author.

