

Aus dem Tierhygienischen Institut der Universität
Freiburg i.Br.
Direktor: Professor Dr.K.Trautwein

**L I T E R A T U R S T U D I E
Ü B E R D I E B I O L O G I E
D E S S P E R M A S**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Justus-Liebig-Hochschule
zu Giessen

Vorgelegt von
Julius Schmitt
Tierarzt aus Mannheim

Giessen 1950

Mit Genehmigung
der Veterinär-Medizinischen
Fakultät, Giessen

Dekan: Prof.Dr.Berge
Berichterstatter: Prof.Dr.Trautwein, Freiburg

Tag der mündlichen Prüfung: 28.Oktober 1950

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung 4

B. Das Sperma 5

- a. Spermamenge 5
- b. Farbe und Konsistenz 6
- c. Gefrierpunktniedrigung 6
- d. chemische Bestandteile 7
- e. Wasserstoffionenkonzentration 7
- f. Morphologische Bestandteile 8

C. Die akzessorischen Geschlechtsdrüsen. 9

- a. Prostata 9
- b. Samenblase . 10
- c. Bulbourethraldrüse. 11
- d. Samenleiter. 11

D. Die Spermien 12

- a. Aufbau 12
- b. Anzahl 12
- c. Bewegung der Spermien. 13
 - 1. Bewegungsart 13
 - 2. Bewegungsmechanismus 13
- d. Stoffwechsel der Spermien. 15

E. Hoden und Nebenhoden 20

- a. Die Spermien im Hoden. 20
- b. Protoplasmatropfen. 21
- c. Einwanderung i. d. Nebenhoden. 22
- d. Der Nebenhoden. 22
 - 1. Anatomie; 22
 - 2. Der Nebenhoden als Samenspeicher 23
 - 3. Reifungsvorgänge im Nebenhoden 25
 - 4. Bewegungshemmung im Nebenhoden. 26
- F. Auslösung der Spermienbewegung. 28
 - a. Künstliche Auslösung 28
 - b. Auslösung bei der Ejakulation 28

G. Begattung und Befruchtung 29

- a. die Ejakulation 30
- b. Das Sperma in den weiblichen Zeugungsorganen 30
 - 1. Das Vaginalsekret 30
 - 2. Die Cervix uteri. 31

- 3. Der Uterus. 32
- 4. Die Tuben 33
- c. Die Befruchtung des Eies. 33
- d. Bewegungsrichtende Einflüsse auf die Spermien. 34
 - 1. Rheotaxis 34
 - 2. Thigmotaxis 34
 - 3. Chemotaxis. 34
 - 4. Galvanotaxis. 34
 - 5. Agglutination. 35

H. Gamone. 36

J. Hormone und Vitamine 40

- a. Hormone 40
- b. Vitamine. 40

K. Chemische und physikalische Einwirkungen auf die Spermien 41

- a. Allgemeines 41
- b. Temperatureinflüsse. 42
- c. Osmotischer Druck. 44
- d. Wasserstoffionenkonzentration. 46
- e. Wirkung von Trauma, Gravitation u. Röntgenstrahlen. 47
- f. Wirkung versch. Ionenarten. 47
 - 1. Kationen. 47
 - 2. Anionen 49

L. Verdünnungslösungen 49

M. Serologie des Spermas. 53

N. Laboratoriumsmethoden zur Spermaprüfung. 55

- a. Chemische Untersuchungsmethoden 55
- b. Resistenzprüfung 56
- c. Pathol. Spermienformen. 57

O. Beweglichkeit und Befruchtungsfähigkeit 58

P. Zusammenfassung 60

Q. Schrifttum 64 - 80

R. Lebenslauf 81

A . E I N L E I T U N G

Die wissenschaftliche Spermaforschung begann mit der Entdeckung der „Samentierchen“ durch *Ham und Leuwenhoeck* (1677). Es dauerte ein weiteres Jahrhundert, bis *Spallanzani* mit seinen inzwischen klassisch gewordenen Versuchen den Grund zur eigentlichen experimentellen Forschungsarbeit legte. Sie war naturgemäß von Anbeginn auf das innigste mit den Untersuchungen über die Vorgänge bei der natürlichen und künstlichen Befruchtung verknüpft und erhält ihre Anregungen und Zielsetzungen heutzutage erst recht aus der in zahlreichen Ländern planmäßig aufgenommenen Samenübertragung bei Haustieren. Wissenschaft und Praxis befinden sich gerade auf diesem Gebiet in besonders lebendiger, steter Wechselbeziehung. In vielen Laboratorien von Instituten und Hauptbesamungsstellen ergeben sich nahezu täglich wichtige Fragestellungen für die wissenschaftliche Bearbeitung. Heute existiert daher eine umfangreiche Literatur mit ständig neuen Veröffentlichungen.

Aus dem Bedürfnis nach einer zusammenfassenden Übersicht über die wichtigsten, in den wissenschaftlichen Zeitschriften und Werken der ganzen Welt sowie der verschiedensten Disziplinen und verstreuten Publikationen ist die vorliegende Arbeit entstanden. Die Zusammenstellung wurde im Jahre 1948 bis Anfang 1949 vorgenommen, soweit es mir unter den damaligen schwierigen Verhältnissen möglich war. Zur Verfügung standen mir die Universitätsbüchereien Freiburg i.Br. und Heidelberg, die Büchereien des Tierhygienischen Instituts Freiburg i.Br. und des Kaiser-Wilhelm-Instituts für medizinische Forschung Heidelberg, sowie die pfälzische Landesbibliothek in Speyer. Im Frühjahr 1949 wurde die Arbeit abgeschlossen.

Das Ende 1949 erschienene umfangreiche Werk: „Besamung und Unfruchtbarkeit der Haussäugetiere“ von Götze befasst sich eingehend mit der Biologie des Spermas. Es wurde im Mai 1947 abgeschlossen. Etwa die Hälfte der von mir verarbeiteten Literaturangaben ist in diesem Buch von Götze nicht erwähnt, insbesondere sind dies die Arbeiten über Gamone, über die Serologie des Spermas und neuere amerikanische Untersuchungen über die Spermaphysiologie.

Besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof.Dr.Trautwein, Freiburg i.Br., für die Überlassung des Themas und wertvolle Anregungen bei der Durchführung der Arbeit aussprechen; ebenso bin ich Herrn Dr.H.-J.Bielig Kaiser-Wilhelm-Institut für medizinische Forschung Heidelberg, für seine freundlichen Hinweise und Überlassung von Literatur zu Dank verpflichtet.

B . D A S S P E R M A

Unter Sperma, oder Samen, wird das gesamte, beim Begattungsakt ausgestoßene Geschlechtsprodukt des männlichen Tieres verstanden. Die Portion Sperma, die bei einer Begattung ausgestoßen wird, heißt Ejakulat. Die durchschnittliche Menge eines Ejakulats ist bei den einzelnen Tierarten verschieden.

a. Spermamenge (Volumen eines Ejakulats)

Die Angaben über das Volumen eines Ejakulats vom Bullen schwanken zwischen 0,8 und 14,0 ccm. *Feiling* (39) gibt 7,0 bis 100 ccm an, *Küst* (110) 2,0 bis 6,0 ccm. *Burki* (16) hat aus 315 Ejakulaten einen Durchschnitt von 3,95 ccm mit Schwankungen von 1,87 bis 6,66 ccm ermittelt. *Milovanov* (145) und *Götze* geben 3,0 ccm als die zu fordernde Mindestmenge Ejakulat von einem für die Zucht geeigneten Bullen an. *Sokolowsky* (208) gewinnt zwischen 3,0 und 6,0 ccm. Er beobachtete, dass mitunter ein Stier bei einem Sprung nur etwa 1,0 ccm Samen lieferte. Bei Wiederholung des Sprunges konnte indessen in solchen Fällen beim 2. oder 3. Mal eine Samenmenge von 3,0 bis 4,0 ccm erreicht werden. Die „normale Mindestmenge“ des Ejakulats eines deckfähigen Bullen beträgt nach *Sokolowskyi* etwa 2,5 ccm. *Anderson* (1) gibt 4,0 ccm als durchschnittliche Menge an, *Löhrer* (127) 2,0 bis 8 ccm.

Die vorstehenden Angaben beziehen sich fast durchweg auf Ejakulate, die mit der künstlichen Vagina gewonnen sind, die z.Zt.vollkommendste Methode der Samengewinnung. *Roemmele* (177) gewann bei seinen Untersuchungen die Ejakulate von geschlachteten Bullen, die in der Agonie absamten, und erhielt dabei Mengen von 3,0 bis 30,0 ccm Sperma. *Lagerlöff* (111) hat 1,0 bis 7,0 ccm Sperma aus der Scheide der gedeckten Kuh gewonnen.

Bei aufeinanderfolgenden Sprüngen steigt beim Bullen die Menge der Ejakulate bis zum 3.Sprung, dann sinkt sie wieder.*Burki* (16) hat folgende Mengen gemessen:

1.Sprung: 3,64 ccm, 2.Sprung: 3,97 ccm,
3.Sprung : 4,78 ccm, 4.Sprung: 3,60 ccm .

Auch *Löhrer* (127) berichtet, dass das erste Ejakulat kleiner als das zweite ist.

Nach *Ineichen* (77) liefern Milchrasen ein größeres Ejakulat als Mastrassen, auch hängt das Volumen des Ejakulats von der Größe des Stieres und von seinem Alter ab. Dahingegen konnte *Löhrer*(127) zwischen Fleck- und Braunviehrassen, sowie zwischen verschiedenaltrigen Stieren kaum einen wesentlichen Unterschied feststellen. Nach seiner Meinung wird das Volumen der Ejakulate von der jeweiligen Disposition der Tiere bestimmt.

Beim Hengst beträgt die durchschnittliche Menge eines Ejakulates nach *Yamane* (245) 50,0 bis 100,0 ccm, mitunter bis zu 300,0 ccm, nach *Belonoschkin* (8) 60 ccm. Für andere Tierarten gibt *Belonoschkin* (8) an: Eber: bis zu 320,0 ccm, Schaf 1,0 ccm, Mensch 4,0 bis 5,0 ccm, Hund 25,0 ccm. Dem-

gegenüber berichtet *Roemmele* (177), dass Hunde und Füchse nur ganz geringe Spermamengen produzieren.

b. Farbe und Konsistenz

Die Angaben über Farbe und Konsistenz des Spermas sind bei den meisten Autoren im allgemeinen gleich.

Die Farbe des Bullenspermas variiert zwischen wässriggrau und milchigweiß mit gelblichem Stich (*Sokolowskyi* 208), mitunter auch mit grünlichem Stich (*Löhrer* 127). Nach *Ineichen*(77) ist normales Ejakulat von Bullen weiß oder gelblichweiß und von rahmiger Konsistenz. Die Intensität der weißen oder gelblich-weißen Färbung ist der Anzahl der Samenzellen in der Raumeinheit proportional, wässriges, graues Sperma ist arm an Spermien und somit von geringer Befruchtungskraft. (*Ineichen* (77), *Sokolowskyi* 208).

Zitronengelbes Sperma enthält Beimengungen von Harn. Eine rötliche Färbung deutet auf Blutbeimengung hin, was ebenso wie die Anwesenheit von Eiterflocken auf eine Erkrankung der Geschlechtsorgane hinweist (*Sokolowskyi* 208). Mit Flocken verunreinigtes Sperma ist unbrauchbar(*Löhrer* 127), jedoch berichtet *Ineichen* (77), dass flockige Beschaffenheit auch bei gutem Sperma festgestellt werden kann.

Die Viskosität des Spermas ist proportional der Konzentration der Spermien.(*Ineichen* 77). Nach *Roemmele* (177), *Burki* (16) und *Löhrer*(127) ist der Geruch des Bullenspermas mitunter leicht fischig oder „nach Stier“.

Über das Sperma des Pferdes liegen Berichte des Japaners *Yamane* (245) vor. Das Pferdesperma ist dünnflüssig und von eigenartigem, aber nicht unangenehmem Geruch., der an Pferdeharn erinnert. Es schmeckt salzig und schäumt beim Schütteln. Die Farbe ist milchigweiß. Bei längerem Stehen sedimentieren die Spermien, die überstehende Samenflüssigkeit fluoresziert.

c. Gefrierpunktserniedrigung

Die Gefrierpunktserniedrigung ist direkt proportional dem osmotischen Druck. Der osmotische Druck ist weitgehend von der Salzkonzentration und der Dissoziation der gelösten Salze abhängig.

Die Gefrierpunktserniedrigung des Bullenspermas gegenüber reinem Wasser schwankt zwischen $-0,54^{\circ}\text{C}$ und $-0,73^{\circ}\text{C}$ (*Roemmele* 177), für das Pferd werden $-0,56^{\circ}\text{C}$ und $-0,608^{\circ}\text{C}$ angegeben. *Roemmele* (177) hat mitunter bei einzelnen Ejakulaten Gefrierpunktserniedrigung von bis zu $-1,3^{\circ}\text{C}$ festgestellt, führt aber solch hohe Werte auf Beimengung von Harn zurück. Nach seinen Angaben ertragen die Spermien schon eine Gefrierpunktserniedrigung von $-0,8^{\circ}\text{C}$ sehr schlecht.

Beim Sperma des Menschen wurde eine Gefrierpunktserniedrigung von etwa $-0,55^{\circ}\text{C}$ ermittelt. (*Slowtzoff* 205).

d. chemische Bestandteile

Zum Gehalt des Bullenspermas an verschiedenen Salzen gibt *Roemmele* (177) an: NaCl: 0,6 bis 0,9 % , P_2O_5 in der abzentrifugierten Spermaflüssigkeit 0,22 %, im Gesamtsperma = 0,343 %. Dies entspricht umgerechnet auf sekundäres Natriumphosphat 0,44 % Na_2HPO_4 . Natriumphosphat ist nach *Roemmele* das nach dem NaCl an zweiter Stelle stehende Salz des Spermas, der verbleibende geringe Rest sind seiner Ansicht nach Carbonate.

Für das Pferd liegen Angaben von *Yamane* (245) vor. Danach ist die Menge der anorganischen Bestandteile der Spermaflüssigkeit ziemlich konstant und beträgt rund 0,9% der frischen Samenflüssigkeit und 35 % der Trockensubstanz. Qualitativ handelt es sich um die allgemein im Tierkörper vorkommenden Aschenbestandteile Na, K, Ca, Mg, Cl, CO_3 u. PO_4 .

Das Verhältnis K : Na ist = 1 : 2,5; Ca : Mg ist = 3:1 ; PO_4 : Ca ist = 1 : 1 . Die maximale Konzentration von NaCl ist = 0,672 auf 100,0 ccm. An organischen Bestandteilen findet man spärliche Mengen von Eiweißkörpern, nämlich Albumin, Globulin, Mucin und Albumosen.

Im menschlichen Seminalplasma wurde ein NaCl-Gehalt von 0,2% und ein Gesamtphosphor-Gehalt von 150-175 mg% ermittelt. (*Goldblatt* 48). *Slowtzoff* (204) wies in der Asche des menschlichen Spermas nach: NaCl=29,05 %; KCl=3,12 %; SO_4 =11,72 %; CaO=22,4 %; P_2O_5 =28,79 %.

Nach *Trautmann* (222) besteht die Asche der Samenflüssigkeit der Säugetiere zu 75 % aus phosphorsauren Salzen.

e. Wasserstoffionenkonzentration

Über den pH-Wert des Spermas liegen sich widersprechende Angaben vor. Beim Bullensperma wurden ermittelt:

pH = alkalisch	<i>Dätwyler</i>	(23)
7,4 bis 8,3	<i>Roemmele</i>	(177)
5,7 bis 7,5	<i>Feiling</i>	(39)
6,19 bis 6,92	<i>Böttcher</i>	(13)
6,0 bis 7,0	<i>Küst</i>	(110)
6,3 bis 7,0	<i>Trautmann</i>	(222)
6,6 bis 6,8	<i>Milovanov</i>	(145)

Andere Autoren, zitiert nach *Ineichen* (77) geben Schwankungsbreiten von pH= 6,5 bis pH = 7,5 an.

Nach Angaben von *Roemmele* (177) kann die Reaktion des Bullenspermas mitunter zwischen pH = 6,6 und pH = 9,1 schwanken. Werte von über pH = 8,0 sind nach seiner Ansicht auf die Beimengung des alkalischen Rinderharns zurückzuführen. Nach *Milovanov* (145) kann der pH-Wert 7,0 bis 7,5 erreichen, wenn der Anteil des Sekrets der akzessorischen Geschlechtsdrüsen relativ hoch ist. Die Unterschiede bei den vorstehenden Angaben dürften wohl mit den verschiedenen Methoden der Bestimmung des pH-Wertes zusammenhängen.

Über die praktischen Bedeutung des pH-Wertes beim Bullensperma schreibt *Ineichen* (77): Sperma vom pH = 7,0 bis 7,5 ist von zweifelhafter Fruchtbarkeit. Alkalität von Sperma gesunder Stiere ist mit verminderter Spermienzahl oder mit Spermienabsenz verbunden. Je größer die Motilität in einem Ejakulat ist, umso niedriger ist der pH-Wert. Infolge des Stoffwechsels der Spermien nimmt der pH-Wert im Sperma während der Aufbewahrung im allgemeinen ab. *Roemmele* (177) stellte bei der Aufbewahrung von Spermaproben bald eine Erhöhung, bald eine Erniedrigung der Wasserstoffionenkonzentration fest. In den meisten Fällen beobachtete er eine Alkalisierung. Auch für das Sperma des Menschen liegen entsprechende Angaben vor. Nach *Joel* (79) wird das ursprünglich alkalische Ejakulat beim Stehen an der Luft binnen weniger Stunden sauer, nach *Zagami* (250) tritt nach kurzer Zeit eine Alkalisierung bis zum pH = 9,15 ein. Die mitunter beobachtete Säuerung hängt wahrscheinlich mit der Bildung von Milchsäure durch die Spermien zusammen, ebenfalls beobachtete Alkalisierung dürfte auf Zersetzungserscheinungen zurückzuführen sein.

Über die Reaktion des Pferdespermas schreibt *Steudel* (209): die mit Methylorange titrierbare Alkaleszenz entspricht einer 0,081 bis 0,155 % igen Natronlauge. Durch täglich aufeinanderfolgende Deckakte wird die Alkaleszenz verringert. Ein beträchtlicher Teil der Säure wird beim Titrieren für die nicht dialysable Fraktion, d.h. die Eiweißkörper des Spermas, verbraucht, um den Farbumschlag mit Methylorange zu erreichen. Diese Menge beträgt etwa 1/3 bis 1/2 vom Gesamtalkali. Es ist daher erklärlich, dass die titrierbare Alkalimenge sich bei aufeinanderfolgenden Deckungen erniedrigt, da sie ja vom Gehalt an Eiweißkörpern in hohem Grade beeinflusst wird und die Menge der Eiweißkörper sich durch häufige Deckakte erniedrigt. Die aktuelle Alkaleszenz ist sehr gering. Die Wasserstoffionenkonzentration beträgt 10^{-7} , also beinahe neutral, mit Neutralrot p-Nitrophenol als Indikator leicht alkalisch. Nach *Trautmann* (222) hat Hengstsperma einen pH = 7,2 bis 7,4.

Für den Menschen werden gleichfalls unterschiedliche Zahlen angegeben:

7,8 (*Joel* 79) ;

6,7 bis 7,14 (*Belonoschkin* 8) ;

7,1 bis 8,9 und im Mittel 8,2 (*Hotchkiss u.a.* 75) .

f. Morphologische Bestandteile

In der Spermaflüssigkeit, mitunter auch Spermaserum oder Spermaplasma genannt, sind geformte Elemente suspendiert. Die wesentlichsten und charakteristischen Elemente sind die Spermien, Spermatozoen oder Samenfäden.

Daneben findet man: veränderte Epithelien der Harnröhre, zylindrische Epithelzellen aus den akzessorischen Geschlechtsdrüsen, Leukozythen, hyaline Körper und kleine Konkrementen aus den Samenblasen. Im erkalteten Sperma treten die charakteristischen Böttcherschen Kristalle auf (*Trautmann* 222). Ungefähr dieselben Angaben macht *Belonoschkin* (8) . Für

menschliches Sperma führt er außer den erwähnten Bestandteilen noch unreife Spermienformen und Hodenzellen auf.

C . DIE AKZESSORISCHEN GESCHLECHTSDRÜSEN

Das Sperma ist im wesentlichen das Mischsekret der Hoden, der Nebenhoden und der akzessorischen Geschlechtsdrüsen.

Die Sekrete der akzessorischen Geschlechtsdrüsen bilden den Hauptanteil der Spermamasse. Sie dienen bei der Begattung den Spermien als Vehiculum auf dem Weg aus den männlichen abführenden Samenwegen ins Innere des weiblichen Genitale. Durch ihre chemischen und schutzkolloidalen Eigenschaften schützen sie die empfindlichen Spermien vor dem schädlichen Milieu einzelner Abschnitte des weiblichen Genitalschlauchs. Sie liefern den Spermien Nähr- und Energiematerial und sind von großer Bedeutung für deren motorische Funktionen.

a. Prostata

Die Prostata liegt in dem Blasenhalss und dem Anfang des canalis urogenitalis und mündet mit ihren Ausführungsgängen in diesen. Ihre Größe ist (vergleichend betrachtet) umgekehrt proportional der Größe der Hoden. Am größten ist sie bei den Fleischfressern, dann folgen Pferd, Rind, Schwein, Schaf und Ziege. Die Größe ändert sich aber erheblich mit dem Alter. Zunächst ist sie klein, dann wächst sie plötzlich, wenn das Tier fortpflanzungsfähig wird. Im Alter atrophiert oder degeneriert sie. Sie besteht bei Mensch und Pferd aus zwei Lappen, die durch einen Isthmus verbunden sind. Bei Rind und Schwein ist sie klein und bildet einen am Anfang der Harnröhre gelegenen, spangenförmigen oder platten Prostatakörper und eine vom Körper aus kaudal sich fortsetzende Drüsenschicht (pars disseminata), die vom musculus urethralis bedeckt in der Harnröhrenwand liegt. Bei Schaf und Ziege ist nur der zuletzt erwähnte Teil (pars disseminata) vorhanden. (*Ellenberger-Baum* 31).

Die Prostata zeigt während der ganzen Geschlechtsreife lebhaftere Sekretion. Diese wird bei geschlechtlicher Erregung noch verstärkt. Dem Sekret sind Lipoidtröpfchen beigemischt, die als Cholesterinester oder Cholesterin-Fettsäure-Gemische angesehen werden (*Belonoschkin*, 8). Die sekretorische Aktivität der Prostata steht unter dem Einfluss der Hormone. Das Hodenhormon wirkt fördernd, der in der Drüse herrschende Sekretdruck hemmend auf die Sekretion. Das Prostatasekret ist dünnflüssig, von trübem, milchigem Aussehen. In frischem Zustand reagiert es leicht alkalisch. Der eigenartige Geruch beruht auf dem Gehalt an einer Spermibase. Das Sekret der hypertrophischen Prostatadrüsen hat toxische Wirkung. Es führt zu Wachstums- und Entwicklungshemmungen. Die Prostata beeinflusst auf innersekretorischem Wege den Calcium-, Phosphor- und Cholesterinumsatz der Tiere (*Belonoschkin* 8).

Roemmele (177) stellte beim Prostatasekret des Bullen gewöhnlich neutrale oder schwach saure, selten alkalische Reaktion fest. Nach *Dätwyler* (23) ist das Prostatasekret alkalisch, nach *Schmaltz* (192) sauer und nach *Traut-*

mann (222) amphoter. Die Sekretion der Prostata kann künstlich durch elektrische Reizung des N.hypogastric. ausgelöst werden. Das hierbei gewonnene Sekret zeigt einen pH von 6,2 – 2,5 gegen normal 7,0 (*Sergiewskij* 202).

b.Samenblase

Dorsal und seitlich vom Harnblasenhals, lateral von der Ampulle des Samenleiters, liegt jederseits die Samenblase, vesicula seminalis, die beim Pferd eine wirkliche Blase, beim Menschen ein etwas gewundener und mehrfach gegen sich selbst zurückgebogener Schlauch, bei Schwein und Wiederkäuern jedoch eine kompakte Drüse, glandula vesicularis, ist und den Fleischfressern fehlt. Die Samenblasen sind beim Schwein sehr groß, dann folgen Pferd, Rind, Schaf und Ziege. Ihr Ausführungsgang, ductus excretorius, vereinigt sich beim Menschen mit dem Samenleiter zum ductus ejaculatorius, beim Pferd und den Wiederkäuern stets, beim Schwein mitunter zu einem ostium ejaculatorium. (*Ellenberger und Baum* 31).

Das häufige Vorkommen von Spermien in der Samenblase hat zu einer jetzt endgültig verlassenen Auffassung geführt, dass es sich hierbei um einen Samenspeicher handle. In der Samenblase bleiben die Spermien höchstens 48 Stunden befruchtungsfähig und sterben dann ab (*Belonoschkin* 8).

Bei geschlechtlicher Erregung gelangen Spermien durch Zusammenziehung des Nebenhodengangs in den Samenleiter und von da aktiv (durch eigene Bewegung) oder passiv in die Samenblasen und gehen dort zugrunde.. Dies wurde bei Kaninchenböcken nachgewiesen, die mehrere Stunden in der Nähe eines Weibchens gehalten und dann getötet wurden (*Kayser* 98).

Nach *Marshall u. Hopkins* (141) stellt die Samenblase ein Resorptionsorgan für die an potentieller Energie verarmten Spermien dar. Sie schreiben dem Samenblasensekret eine auflösende und die Resorption vorbereitenden Aufgabe zu.

Beim Bullen scheinen die Samenblasen, die hier relativ groß sind, die Aufgaben der Prostata und der Bulbourethraldrüse mit zu übernehmen. Das Sekret reagiert neutral oder schwach sauer, selten schwach alkalisch. Beim Verdünnen des Sekrets mit destilliertem Wasser kommt es zum Ausflocken, vermutlich von Eiweißkolloiden (*Roemmele* 177). Die Aufgaben des Samenblasen-Sekrets sind nach *Roemmele* (177) die Verdünnung des Spermas und die Verleihung einer größeren Klebkraft, damit es von dem weiblichen Tier nicht so leicht ausgepresst werden kann.

Über die Verhältnisse beim Menschen schreibt *Belonoschkin* (8): Das Sekret verleiht dem Ejakulat seine Zähigkeit und gallertige Beschaffenheit, außer dem nimmt die Masse des Ejakulats dadurch zu. Es ist stark eiweißhaltig, leicht opaleszierend, anfänglich sehr zäh, wird aber im Ejakulat bald verflüssigt. Der pH-Wert ist ungefähr der gleiche wie im Hoden. Die Reaktion des Sekretes spielt somit keine bewegungsauslösende Rolle. Seine Aufgaben scheinen vielmehr folgende zu sein: Vergrößerung der Ejakulatsmenge, Verleihung eines kolloidalen Schutzes gegenüber dem ungünstigen Milieu der

Vagina und schließlich auch in geringem Maße eine Verdünnung der Spermienmasse.

Nach *Walker* (234) soll die Samenblasenflüssigkeit durch Prostatasekret zum Gerinnen kommen.

Nach *Waldeyer* (230) kommt dem Sekret der Samenblase nicht nur eine mechanische Aufgabe zu, sondern es enthält auch einen Stoff, der den Spermien eine größere Vitalität, bezw. bessere Befruchtungsfähigkeit verleiht. Nach den Ergebnissen von *Iwanov* (82) kommt dem Samenblasensekret eine spezifische Wirkung keinesfalls zu. *Donhamm und Simmes* (28) berichten über eine ausgesprochen hemmende Wirkung des Samenblasensekrets auf die Motilität der Spermien beim Rind. Bei der Ratte koaguliert die Samenblasenkomponente im Uterus (*Rossmann* 183). Nach der Kastration versiegt das Samenblasensekret innerhalb von 2 bis 3 Wochen (*Stiasny* 210).

c. Bulbourethaldrüse

Die mehr oder weniger kugelige Bulbourethaldrüse, Harnröhrenzwiebel-drüse oder Cowper'sche Drüse liegt nahe dem Beckenausgang am *canalis urogenitalis*. Sie ist beim Schwein sehr groß, von länglich platter Gestalt, 17 bis 18 cm lang 5 cm dick.. Bei Pferd und Rind ist sie etwa walnuss-, bei Schaf und Ziege haselnussgroß, beim Menschen klein, 6 bis 8 mm; sie fehlt beim Hund und ist klein bei der Katze. Sie mündet beim Mensch, Schwein, Wiederkäuer und Katze mit einem und beim Pferd mit 6 bis 8 Ausführungsgängen in den *canalis urogenitalis* (*Ellenberger u. Baum* 31). Die Bulbourethaldrüse liefert ein sehr zähes. mucinreiches und alkalisches Sekret (*Trautmann* 222).

Bei der Ratte ist der pH-Wert des Sekrets = 6,7 bis 6,9 (*Capraro* 18). Durch Beimengung des Drüsensekrets in kleinen und mittelgroßen Dosen (1 : 1000 bis 1 : 5) wird die Bewegungsfähigkeit der Spermien erhöht und die Lebensdauer verlängert. Bei Verschiebung des Mischungsverhältnisses auf die Hälfte und noch höher tritt eine umgekehrte Wirkung ein. Die Bewegungsfähigkeit wird herabgesetzt und die Lebensdauer verkürzt. (*Kajiya* 95).

d. Samenleiter

Im Zusammenhang mit den akzessorischen Geschlechtsdrüsen müssen auch die Samenleiter erwähnt werden. Zur Anatomie sei nur bemerkt, dass die Wand von einer verhältnismäßig dicken Muskelschicht gebildet wird, und das Lumen eng ist. Dorsal von der Harnblase erweitert sich das Lumen bei Mensch und Pferd, geringgradig auch bei Wiederkäuer und Hund zur sogenannten Ampulle des Samenleiters (*Ellenberger u. Baum* 31)

Stiasny (210) hält beim Menschen die Ampullen des Samenleiters für ein Spermien-Reservoir.

Beim Bullen wurde festgestellt, dass bei geschlechtlicher Erregung Spermien aus den Nebenhoden in die Ampulle des Samenleiters gelangen (*Kirilov* 100). Durch den eigenartigen Bau der Einmündungen der Samenleiter und der akzessorischen Geschlechtsdrüsen in die Harnröhre wird ein Eindrin-

gen von Harn in die erstgenannten Wege verhindert. Näheres Siehe *Ellenberger u. Baum*(31) und *Walker*(232).

Die Muskulatur des Samenleiters weist eine distal fortschreitende Kontraktionswelle auf, welche durch alkalische Stoffe verstärkt und durch saure Stoffe aufgehoben wird. Pilocarpin und Physostigmin fördern die Bewegung, Kokain und Chloride wirken erregend, während Atropin eine beruhigende Wirkung auf den Samenleiter ausübt. Wahrscheinlich steht dieser unter sympathischem und parasymphathischem Einfluss (*Stiasny* 210).

Boehminghaus (10) beobachtete die Bewegung des Samenleiters am isolierten Präparat in Ringerlösung und beschreibt sie als rhythmisch fortschreitende Bewegung, die sich von der Darmperistaltik unterscheidet. *Stiasny* (210) stellte am überlebenden Präparat vom ductus deferens fest, dass die Spermien nach 1 bis 2 Stunden aus dem Stumpfende auswandern. Er führt dies auf die Eigenbewegung der Spermien und die Peristaltik des Samenleiters zurück.

D . DIE SPERMIIEN

Die Spermien sind die männlichen Keimzellen. Ihre Aufgabe ist die Befruchtung der reifen Eizelle. Die Spermien wurden erstmalig von dem Leydener Studenten Ham im menschlichen Samen beobachtet und als „geschwänzte Tierchen“ beschrieben. (*Schönfeld* 193)

a. Aufbau

Die 50 bis 79 μ langen Spermien gleichen Epithelzellen und bestehen aus dem Kopf, Hals und Schwanz. Der nach der Tierart verschieden geformte, meist platte, homogene Kopf besitzt eine Kopfkappe, Galea. Der Hals setzt sich aus dem vorderen und hinteren Halsknötchen und der Zwischenmasse zusammen. Der Schwanz besitzt einen aus dem hinteren Halsknötchen entspringende Achsenfaden. Er zerfällt in das durch einen umschlingenden Spiralfaden ausgezeichnete, mit dem Schlussring abschließende Verbindungsstück, das Hauptstück und das Endstück. Letzteres besteht nur aus dem Achsenfaden, der am Haupt- und Verbindungsstück eine dünne Hülle, Involucrum, besitzt. Das Verbindungsstück wird als das motorische Zentrum für die Spermienbewegung angesehen (*Trautmann–Fiebiger* (223)).

Genauere, vergleichend-anatomische Angaben findet man bei *Waldeyer* (230).

b. Anzahl

Die Anzahl der Spermien in der Raumeinheit und im Gesamtejakulat ist je nach der Tierart verschieden.

Für den Bullen werden je 1 ccm angegeben:

Im Durchschnitt 1 000000 (300000 bis 3 000000) (*Milovanov* 145) ,
800000 (*Lagerlöf* 111), 837000 (35000 bis 1 857000 (*Anderson* 1) und
350000 bis 2 370000 (*Küst* 110).

Für das Pferd werden je 1 ccm angegeben: bis 283000 (223)
100000 bis 300000, im Gesamtejakulat bis zu 10 Milliarden (222)
und 92600 bis 283400 (245).

Für den Hund werden je ccm angegeben: 60 000, im Gesamtejakulat
bis zu 60 000000 (222) und bis zu 65 600000 (126).

Methoden der Zählung der Spermien beschreiben *Feiling* (39) und *Ineichen* (77). Diese gleichen im Wesentlichen den Methoden zur Zählung der Blutzellen. Anleitung zur subjektiven Schätzung der Spermienzahl im mikroskopischen Blickfeld geben *Roemmele* (177), *Feiling* (39) *Sokolowskyi* (208) und *Ineichen* (77).

c. Bewegung der Spermien

Beobachtet man einen Tropfen des Ejakulats unter dem Mikroskop, so sieht man, dass sich die meisten Spermien in lebhafter Bewegung befinden. Sie bewegen sich unter peitschenden Wirbelbewegungen des Schwanzes vorwärts (*Trautmann* 222).

1. Bewegungsart

Roemmele (177) beobachtete zwei Bewegungsarten: eine drehende und eine schlängelnde Bewegung; bei starker Bewegung waren beide vorhanden, mitunter auch bei weniger starker Bewegung. Die letzte Bewegungsäußerung ist eine bohrende Bewegung, mit krampfhaftem Zucken des Schwanzes. Im Scheidenschleim konnte *Roemmele* nur schlängelnde Bewegung beobachten, ganz selten rotierende. In den Uterushörnern fand er wiederum rotierende Bewegung und führte dies auf die dort geringere Viskosität des Mediums zurück. Die Rotation erfolgt im Uhrzeigersinn.

Nach *Godlewski* (47) ist die Art der Bewegung je nach der Tierart eine wellenartige Bewegung der Schwänze, oder Spiraltouren und Bogenlinien, *Stiasny* (210) schreibt: Die Bewegungsart der Säugetier-Spermien ist normalerweise geradlinig fortschreitend. Der Schwanz führt dabei peitschenartige Bewegungen aus, die durch einseitige Kontraktionen desselben hervorgerufen werden. Hierzu kommt eine Rotation der Zelle um ihre Längsachse, die immer im gleichen Sinn erfolgt und durch die Kopfform bedingt wird. Neben dieser normalen Bewegungsform kennen wir noch sogenannte Flokkulations- und thigmotaktische Bewegungen. Die Spermien sammeln sich am Ende eines Tropfens oder umgeben einen Fremdkörper, als wenn sie ihn befruchten wollten, und machen dabei drehende Bewegungen. Bei Berührungsreizen fahren sie dann wie aufgescheucht auseinander.

2. Bewegungsmechanismus

Das motorische Zentrum wird in das Mittel- oder Verbindungsstück der Geißel verlegt (*Peter* 160). Mitunter beobachtet man kopflose, gut bewegliche Spermien in sonst normalen Ejakulaten (*Burki* 16).

Über die motorischen Organe gehen die Meinungen auseinander, in Frage kommen der Achsfaden oder das diesen umgebende Protoplasma. Nach *Hartmann* (63) bestehen die Geißeln aus zwei Elementen, einem festen axialen Faden und einer flüssigen plasmatischen Hülle. *Ballowitz zitiert nach Hartmann* hat durch Mazeration die Achsfäden vieler Spermien in eine Anzahl feiner Fibrillen aufgelöst und diese als das kontraktile Element angesprochen. Nach *Koltzoff* (104, *zit.nach Hartmann*) handelt es sich hierbei jedoch nur um feste Skelettfibrillen mit statischer Funktion.

Die Geißel der Spermatozoen, wie auch die mancher Flagellaten, entspringt aus einem vom Centriol gesonderten Basalkorn, das durch heteropole Teilung des Centriols entstanden ist. Durch nochmalige Teilung des Basalkorns entsteht die Geißel. Bei der Teilung entstehen feste Skelettfibrillen, Centrodesmosen. Dieser Gelfaden stößt an die Zelloberfläche und wächst weiter. Hierdurch wird die Zelle in die Länge gezogen. Beim Weiterwachsen der Fibrille zieht sie die Zelloberfläche zu einem dünnen Überzug aus und wird so zur Geißel. Gerade der Umstand, dass bei Beginn der Entstehung der Geißel, wenn diese noch kurz ist, der vorgestoßene Plasmafaden noch erheblich dicker ist als bei vollendeter Geißelbildung, spricht im Zusammenhang mit der ganzen Genese zugleich auch für die Zusammensetzung der Geißel aus einem festen axialen Faden und einem flüssigen Protoplasmanmantel (*Hartmann* 63).

Über die Mechanik der Geißelbewegung ist nichts sicheres bekannt. Nach *Hartmann* (63) lässt sich aus bisherigen Beobachtungen nur soviel sagen, dass der Sitz der Geißeltätigkeit in der Geißel selbst und die Bewegung autonom ist. *Hartmann* stellt folgende Hypothese über die Geißelbewegung auf: die Ursache der Geißelbewegung sei das selbe Prinzip, das wenigstens der Hauptsache nach der Protoplasmaabewegung zugrunde liegt. Das nackte, flüssige Protoplasma liefert wie bei der Amöben-Bewegung durch Änderung der Oberflächenspannung oder Quellung und Entquellung die Bewegungsenergie, es ist das aktive kontraktile Element. Die im Vergleich zur Masse außerordentlich große Oberfläche, die hierbei in Betracht kommt, würde genügen, um den erheblich größeren mechanischen Effekt der Flimmerbewegung gegenüber der Pseudopodienbewegung zu erklären. Dadurch dass das kontraktile flüssige Plasma durch die Kohäsion mit einer festen Skelettfibrille innig verbunden ist, wird die sonst ungeordnete Bewegung in eine bestimmte Bahn, nämlich in die Richtung des Achsfadens gelenkt. Die Folge ist eine seitliche oder schraubige Verbiegung der Geißel, der nun die Elastizitätskräfte der aus ihrer Gleichgewichtslage verbogenen Axialfibrille antagonistisch entgegenwirken. Aus dem Zusammenwirken der beiden Geißelkomponenten kann somit ein komplizierter Mechanismus resultieren, die schwingende oder rotierende geordnete Bewegung der Geißel. *Gray, zit.nach Hartmann* (63), hat auf Grund seiner Erfahrungen über die Wirkungen von Säuren und Salzen eine detaillierte Hypothese in Analogie zu den Ergebnissen über die Physiologie der Muskeln entwickelt, indessen spricht *Hartmann* dieser Hypothese genügende Grundlagen ab.

d. Stoffwechsel der Spermien

Die Spermien behalten ihre Bewegung eine gewisse Zeit bei, dann stellen sie diese, nicht alle gleichzeitig, nach und nach ein. Es ist nun von Interesse, vor allem im Zusammenhang mit dem Problem der Lebenderhaltung der Spermien *in vitro*, zu wissen, aus welchen Quellen die Spermien die Energie zu ihrer Bewegung nehmen. Früher war man der Ansicht, dass jedes Spermium über einen bestimmten Energievorrat verfügt, der früher oder später je nach dem Energiehaushalt erlicht (*Roemmele* 177). Daneben ist natürlich der Gedanke naheliegend, dass die Spermien auch aus dem sie umgebenden Medium Energie beziehen können, und die neueren Ergebnisse der Erforschung des Stoffwechsels der Spermien scheinen dies zu bestätigen.

Als einer der ersten hat *Iwanov* (86) Untersuchungen über den Stoffwechsel der Säugetierspermien gemacht. Er stellte fest, dass Luftzutritt für das Fortbestehen der Spermienbewegung erforderlich sei. *E.E.Iwanov* (87) untersuchte die Frage, ob auch im anaeroben Medium die Spermienbewegung möglich sei und ermittelte den Sauerstoffverbrauch von Hundesperma. Dieser war weitgehend von der Temperatur abhängig. Sperma von 35°C verbrauchte mehr als 4 mal so viel Sauerstoff wie solches von 17°C. Er stellte außerdem fest, dass die Bewegung ohne Luftzutritt bedeutend länger bestehen bleibt, als dies bei Annahme eines aeroben Prozesses als alleinige Energiequelle zu erwarten gewesen wäre. Er beobachtete ferner, dass die fortschreitende Bewegung der Hundespermien auch in einem Medium möglich ist, in dem infolge Zufügung von KCN die Zellatmung fast ganz aufgehört hat. Er folgert daraus, dass sich die Energie der sich bewegenden Spermien nicht auf Kosten der Oxydationsprozesse entwickelt und nimmt an, dass die Rolle der Atmung der Spermien in Analogie zu den Verhältnissen beim Muskel in einer Entfernung der Produkte des Spaltungsprozesses besteht, der auch bei Sauerstoffmangel stattfindet, und der den Spermien die nötige Bewegungsenergie verleiht. Er stellte weiterhin fest, dass bei Gegenwart von Sauerstoff die Spermien sogar in sehr konzentrierten Suspensionen energisch beweglich sind, während unter anaeroben Bedingungen, unter denen die langsam fortschreitende Bewegung eine gewisse Zeit andauert, ihre Bewegungskraft vermindert ist und sich die Spermien nur bewegen können, wenn sie genügend Raum zur Verfügung haben.

Redenz (174) bestätigt die Angaben von *E.J.Iwanov* (86), dass die Beweglichkeit der Spermien unter anaeroben Bedingungen rasch schwindet. Diese Beweglichkeitshemmung hört beim Zusatz von Glukose, Mannose, Fructose und Maltose auf. Auch Glykogen erwies sich teilweise als wirksam. Unter aeroben Bedingungen werden sowohl die Atmung, wie auch die Beweglichkeit durch den Zusatz von Glukose gesteigert. Zusatz von Laktat steigert die Atmung, aber nicht die Beweglichkeit. *Redenz* schließt daraus, dass kein direkter Zusammenhang zwischen Atmung und Beweglichkeit bestehe, und nimmt mit *Iwanov* (87) an, dass die Bedeutung der Atmung in der Entfernung der Produkte eines anaeroben Stoffwechselprozesses liegt, der den Spermien die nötige Bewegungsenergie verleiht.

Windstoßer (240) untersuchte den Sauerstoffverbrauch von Spermien aus den Nebenhoden von Ratte, Meerschweinchen und Stier mit dem Blutgasmanometer nach Haldane-Barcroft. Stärker verdünnte Suspensionen zeigten einen erheblich höheren Sauerstoffverbrauch als weniger verdünnte. Einen Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch und ausgelöster Beweglichkeit konnte er nicht feststellen, ebenso keinen Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch und dem pH-Wert des Verdünnungsmediums. Nach Zusatz von Monohalogen-Essigsäure in glykolysehemmender Konzentration bleibt die Bewegung der Spermien noch lange erhalten, ebenso wie sie bei der Zugabe von KCN auch erhalten bleibt. Dies spricht dafür, dass zwei verschiedene, von einander unabhängige Stoffwechselprozesse für den Energiehaushalt der Spermien verantwortlich zu machen sind, Atmung und Glykolyse. Die Bewegung ist auch bei Ablauf nur eines der Prozesse möglich (*Iwanov* 88, 90).

E.E.Iwanov (89, 91) ermittelte für Schafspermien den respiratorischen Quotienten. Er beträgt 0,78. Nach Zusatz von Glukose stieg er auf nahezu 1,0. *Iwanov* schließt daraus dass die Bewegungsenergie nicht allein von Kohlehydraten geliefert wird. Die Anwesenheit von Glukose ruft jedoch eine Veratmung von Kohlehydraten hervor, wobei die im reinen Salzmedium von den Spermien angegriffenen, unbekanntenen Energiequellen geschont werden.

Winberg (239) untersuchte den Stoffwechsel von Hühnersperma. Er stellte einen respiratorischen Quotienten $RQ = 0,92$ fest. Verdünnung einer Spermiesuspension, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, steigert die Atmungsintensität und verkürzt gleichzeitig die Lebensdauer der Spermien. Glukose, Fructose, Mannose und in geringem Maße auch Maltose können von den Hahnenspermien veratmet werden. Gewaschene, d.h. aus ihrem natürlichen Medium mittels Zentrifugierens entfernte und in Ringerlösung suspendierte Spermien zeigen beim Zusatz von veratmungsfähigem Zucker eine bedeutende aerobe Glykolyse. Den Unterschied des von ihm gemessenen $RQ = 0,92$ zu dem von *Iwanov* (89, 91) bei Schafspermien ermittelten $RQ = 0,78$ führt er weniger auf artspezifische Unterschiede, als darauf zurück, dass *Iwanov* mit Spermien aus dem Nebenhoden in Ringerlösung und er selbst mit Spermien in natürlichem Medium gearbeitet hätte. Im Ejakulat können die Spermien ein Substrat des sie umgebenden Mediums ausnutzen, wie ebenfalls die Versuche mit Kohlehydratzusatz zeigen. Daneben hat die Spermaflüssigkeit große Bedeutung für die Atmung, unbehandeltes Hahnensperma zeigt eine intensivere und bedeutend länger anhaltende Atmung als gewaschene Spermien.

Die Glykolyse erfolgt im Sperma nur dann, wenn bewegliche Spermien zugegen sind. Sie ist begleitet von starker Milchsäurebildung, die den Tod der Spermien zur Folge hat. (*Goldblatt* 48).

Die glykolytische Kraft der Spermien, dargestellt durch die Abnahme des Zuckergehalts einer Spermiesuspension, wird zusammen mit der Bewegungsfähigkeit der Spermien von *Comstock* (22) als Methode der Fertilitätsprüfung angegeben.

Den Zuckergehalt des Spermaplasmas geben an:

McCarthy u.a.(132) mit : 67 bis 658 mg%
Yamane (245) mit : 63 bis 140 mg%
Goldblatt (48) mit : 200 bis 300 mg %
Hotchkiss u.a. (75) mit: 9 bis 810 mg%
Mann (137) mit : bis zu 1000 mg% (Fructose im Bullensperma).

Belonoschkin (8) ist der Ansicht, dass die Unterschiedlichkeit der Angaben über den Kohlehydratgehalt des Spermas ein sicheres Zeichen sei, dass ihm im biologischen Geschehen der Spermien keine besondere Bedeutung zukomme. Immerhin sind die den Glukosegehalt des Blutplasmas (100 mg%) teilweise beträchtlich übersteigenden Werte auffallend.

Torres (217) hat nachgewiesen, dass lebende Spermien in der Lage sind, Kreatinphosphorsäure zu synthetisieren und nimmt Zusammenhänge zwischen dieser Beobachtung und dem Bewegungsstoffwechsel der Spermien an.

Shettles (203) untersuchte die Atmung menschlicher Spermien unverdünnt im natürlichen Medium. Nach seinem Bericht ist der Sauerstoffverbrauch der Samenprobe direkt proportional der Anzahl der Spermien und sinkt mit zunehmendem Alter der Samenprobe. Eine spermienfreie Samenprobe verbraucht keinen Sauerstoff.

MacLeod (134) beschreibt den Stoffwechsel menschlicher Spermien in Ringerlösung. Der Stoffwechsel ist ausgesprochen glykolytischer Natur. In einer späteren Veröffentlichung (135) bringt er Einzelheiten und setzt sich auch mit den Ergebnissen von *Shettles* (203) auseinander. Er stellt fest, dass der Stoffwechsel der Spermien gekennzeichnet ist von einer hohen Glykolyse und einer verhältnismäßig geringen Atmung. Die Beweglichkeit der Spermien ist nicht abhängig von der Anwesenheit von Sauerstoff, ein Zusatz von Glukose verlängert die Bewegungsdauer. Wird die Samenprobe zu lange der Luft oder reinem Sauerstoff ausgesetzt, so nimmt die Beweglichkeit und die Glykolyse ab. Er erwähnt weiterhin, dass die Spermien von Stier, Hund und Meerschweinchen gegenüber denen des Menschen eine verhältnismäßig stärkere Atmung hätten.

Mit dem Stoffwechsel der Bullenspermien beschäftigen sich *Lardy und Phillips* (119). Sie beobachteten, dass die Entfärbung des Methylenblaus durch die Dehydrogenase der Spermien in Anwesenheit von Glykose erheblich verlangsamt ist, und erblicken darin eine Schonung der oxydativen Prozesse durch die Glukose. In einer späteren Arbeit (120) suchen sie die gegenseitige Beziehung zwischen den oxydativen und den glykolytischen Prozessen, die als Energiequellen für die Spermienbewegung in Frage kommen, zu klären. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von *Redenz* (174) zeigen sie, dass im zuckerfreien Medium die Spermien nur in Gegenwart von Luft beweglich bleiben, was darauf hinweise, dass Sauerstoff für die Nutzbarmachung der intrazellulären Reserven benötigt werde. Zugefügter Zucker unterhält die Beweglichkeit nur dann, wenn er zu Milchsäure umgesetzt werden kann. Während der Aufbewahrung des Samens sinkt sein Gehalt an Phosphorlipoiden. Diese Abnahme kann auch bei Spermien suspensionen im künstlichen Medium

beobachtet werden, sie kann durch Zusatz von Glukose vermindert werden. Die Abnahme des Phosphorlipoidgehalts geht parallel mit der Oxydation der intrazellulären Reserven zur Aufrechterhaltung der Energie einher. In Gegenwart von Glukose ist der Anteil der Atmung der Spermien viel geringer als im zuckerfreien Medium, was auf eine vorzugsweise Ausnutzung der glykolytischen Prozesse als Mittel zur Aufrechterhaltung der Bewegungsenergie hinweist. Auf Grund dieser Beobachtungen wird angenommen dass Phosphorlipide die Quelle der intrazellulären Energiereserven der Bullenspermien sind, dass diese Energie durch oxydative Prozesse freigemacht wird und dass indessen die Spermien in Anwesenheit glycolysabler Zuckerarten diese vorzugsweise zur Gewinnung von Bewegungsenergie angreifen.

Mann (136) beschäftigte sich eingehend mit der Natur der Kohlehydrate im tierischen Sperma und identifizierte sie als Fructose. Er wies im Sperma des Bullen Fructose in Mengen bis zu 1000 mg% nach. Weiterhin stellte er fest, dass die Fructose im Hoden und Nebenhoden nur in ganz unbedeutenden Mengen vorkommt, dagegen in den akzessorischen Geschlechtsdrüsen, vornehmlich in der Samenblase und in der Prostata.

Die Produktion der Fructose in den akzessorischen Geschlechtsdrüsen wird gesteuert durch das Testosteron, ein Hormon der männlichen Keimdrüse. Bei kastrierten Kaninchen, die praktisch keine Fructose in ihren akzessorischen Geschlechtsdrüsen aufweisen, beobachtet man nach Einverleibung von Testosteron ein rasches Ansteigen des Fructosespiegels bis zur Höhe wie bei normalen Rammlern (*Mann* 138).

Die Fructose erscheint erstmalig bei jungen Tieren vor dem Eintritt der Spermio-genese (bei Kaninchen im Alter von vier Monaten). Im Alter von sechs Monaten, wenn die Spermien erscheinen, ist das Sekret der akzessorischen Geschlechtsdrüsen schon reich an Fructose. Die entsprechenden Beobachtungen wurden auch an jungen Stieren gemacht (*Davies* 25).

Die Spaltung der Fructose, die Fructolyse, stellt die hauptsächliche Energiequelle der Spermien dar. Diese können sowohl aerob als auch anaerob die Fructose ebenso wie die Glukose spalten. Das Gewebe der Samenblase, in der Fructose sezerniert wird, kann anaerob nur Glukose, aber keine Fructose spalten, während es bei Luftzutritt beide Zuckerarten angreifen kann (*Mann* 137).

Mit den Beobachtungen über die Abhängigkeit des Kohlehydratgehalts der akzessorischen Geschlechtsdrüsen vom Hodenhormon (Testosteron) ist eine mittelbare Wirkung dieses Hormons auf den Bewegungsstoffwechsel der Spermien nachgewiesen worden. Eine solche Wirkung wurde schon länger vermutet, (*Becher* 5). Auch die Beobachtung von *Moore's* (148, 151), dass die Spermien in den abgebundenen Nebenhoden geschlechtlich sonst intakter Tiere erheblich länger lebend bleiben als bei kastrierten Tieren, weisen auf eine direkte oder indirekte Beeinflussung der Spermien durch das männliche Sexualhormon hin.

Bei fermentchemischen Untersuchungen am menschlichen Sperma wies *Zeller* (251) nach, dass der Sauerstoffverbrauch des Spermas in engster Bezie-

hung zu einem Ferment steht, der von ihm entdeckten Diaminoxydase. *Joel* (78) beobachtete, dass der Sauerstoffverbrauch im Spermaplasma viel größer ist als bei den Spermien selbst. Der Sauerstoff wird durch die Tätigkeit der Diaminoxydase verbraucht, die sich zum größten Teil im Spermaplasma befindet. Nach *Joel* (79) ist es somit nicht angängig, aus dem Sauerstoffverbrauch des Samens direkte Schlüsse auf die Lebensfähigkeit der Spermien zu ziehen, und diejenigen Forscher, die glaubten, sie hätten den Sauerstoffverbrauch der Spermien nachgewiesen, haben nach seiner Ansicht in Wirklichkeit nur den Sauerstoffverbrauch der Diaminoxydase nachgewiesen. Da diese Versuche an menschlichem Sperma gemacht wurden, kann nicht ohne weiteres gesagt werden, in wie weit bei Tieren die gleichen Verhältnisse vorliegen. Neben der Diaminoxydase kommt im Sperma des Menschen noch ein weiteres Ferment, Mono-aminoxydase, vor (*Joel* 79). Als Substrat dienen diesen Fermenten Amine.

Schreiner (197) berichtet über das Vorkommen einer von ihm entdeckten Stickstoffbase im tierischen Organismus, die vor allem in der Samenflüssigkeit vorkommt. Diese Base, Spermin genannt wurde von *Wrede*(241, 242, 243) genauer untersucht und in Zusammenhang mit der Beweglichkeit der Spermien gebracht. Nach den Untersuchungsergebnissen von *Redenz* (173) kommt ihr jedoch eine solche Bedeutung keineswegs zu. Indessen weist *Joel* bei der Betrachtung der Aminoxydasen im menschlichen Sperma auf die Möglichkeit hin, dass die Sperminbasen im Sperma durch die Aminoxydasen oxydiert und dem Bewegungsstoffwechsel der Spermien nutzbar gemacht werden können.

Nach den oben erwähnten Untersuchungsergebnissen stehen somit zwei Fermentsysteme im Zusammenhang mit der Spermienbewegung: 1. Glykolyse-Ferment und 2. Diamino- und Monoaminoxydase. Beide Fermentsysteme ergänzen sich in ihrer Wirkungsweise. Die Hemmung des einen geht mit einer Aktivierung des anderen einher (*Joel* 80, 81). Näheres über Nachweis und Wirkungsweise der Samenfermente siehe bei *Joel* (79).

Lardy(120) sowie *Iwanov u. Kanygina* (92) wiesen in Säugetierspermien Adenosintriphosphorsäure nach. Sie ermittelten in Schaf spermien einen Gehalt an Adenosintriphosphorsäure zwischen 12 und 30 mg auf 100 g Inhalt der cauda epididymidis. Der Adenosintriphosphorsäure-Gehalt sinkt unter anaeroben Bedingungen parallel mit dem Absinken der Beweglichkeit der Spermien. Bei Luftzutritt kehrt der Adenosintriphosphorsäure-Gehalt der Spermien wieder zum Anfangswert zurück. Eine Lösung von Muskel-Adenosin-triphosphat, der Spermienaufschwemmung zugesetzt, bewirkt keine Wiederherstellung der Beweglichkeit der bewegungslosen Spermien.

Stoffwechsel der Spermien (Zusammenfassung):

Zwei Stoffwechselprozesse werden für die Gewinnung der Bewegungsenergie nutzbar gemacht:

1. Die Spaltung von Kohlehydraten zu Milchsäure (174, 90, 48, 239, 135, 22. 119 u.79). Diese Glykolyse wird durch Monohalogenessigsäure gehemmt, wobei jedoch die Beweglichkeit der Spermien erhalten bleibt. In Abwesenheit

spaltbarer Kohlehydrate bleibt die Bewegung nur bei Luftzutritt bestehen (174). Unter natürlichen Verhältnissen werden den Spermien Kohlehydrate mit den Sekreten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen geliefert (136).

2. Oxydative Prozesse (85, 91, 239, 203, 119 u.79). Bei Unterbindung der Atmung durch Luftabschluss bleibt die Bewegung noch eine kurze Zeit bestehen und hört dann auf (87). Durch Zusatz spaltbarer Kohlehydrate kann diese Zeitspanne verlängert werden (174, 120). Sitz der Atmung scheint beim Menschen das Spermaplasma zu sein (203, 135, 79). Beim Rind haben *Lardy u. Phillips* (120) die Atmung der Spermien im künstlichen Medium nachgewiesen. Das durch Oxydation nutzbare, den Spermien zur Energiegewinnung dienende Substrat scheint begrenzt zu sein (120).

Stehen den Spermien beide Energiequellen zur Verfügung, so ziehen sie die Glykolyse der Oxydation der Nichtkohlehydrate vor (91, 120).

E . H O D E N U N D N E B E N H O D E N

a. Die Spermien im Hoden

Die Bildung der Spermien, die Spermiogenese, findet in den Hoden statt. Einzelheiten über die Spermiogenese sollen hier nicht erörtert werden.

Die Ansichten darüber, ob sich die Spermien im Hoden bereits bewegen, oder ob sie noch nicht bewegungsfähig sind, gehen auseinander. *Kölliker* (103), *Walker* (233) und *Roemmele* (177) sind der Ansicht, dass die Spermien im Hoden unbeweglich seien.

Waldeyer (230) und *Stigler* (213) stellten die, wenn auch schwache, Beweglichkeit einzelner aus dem Hoden entnommener Spermien fest. Auch nach *Redenz* (172) und *v.Lanz* (115) sind die Spermien bereits im Hoden beweglich. Neuere Untersuchungsergebnisse liegen von *Belonoschkin* (8) vor, er konnte in Zupfpräparaten aus menschlichem Hodengewebe bewegliche Spermien beobachten. Die Bewegung ließ sich allerdings nur schwer auslösen. Die Spermien sind in den Zupfpräparaten so lange unbeweglich, bis sie mit elektrolythaltigen Lösungen in Berührung kommen. Auf Grund seiner Beobachtungen kommt *Belonoschkin* zu der Ansicht, dass die Spermien im Hoden zwar ohne Bewegung verharren, aber sehr wohl bewegungsfähig seien. Sie besitzen sofort nach ihrer Entstehung eine potentielle Bewegungs- und Befruchtungsenergie, die infolge der durch irgendwelche Momente bewirkten Ruhe bis zum Zeitpunkt der Ejakulation aufgespart bleibt. Die schwache Intensität der künstlich ausgelösten Bewegung besagt, dass die Spermien im Hoden sehr empfindlich gegen äußere Einwirkungen sind und leicht geschädigt werden können. Auch die Befruchtungsfähigkeit der Hodenspermien ist erheblich geringer als die der Spermien aus den Nebenhoden oder dem Ejakulat, was z.T.auf die geringe Bewegungsdauer und die Empfindlichkeit gegen äußere Einflüsse zurückgeführt wird (*Belonoschkin* 8).

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass *Merton* (143) auf Grund seiner Beobachtungen an den Geschlechtsdrüsen von Schnecken und Wür-

mern eine Theorie über die Herkunft des Kinoplasmas, der bewegungsfähigen Substanz der Spermiengeißel entwickelt hat. Das Kinoplasma wird von den Sertolischen Zellen aktiv im Sinne einer Sekretion auf die Spermien übertragen. während diese den Sertoli'schen Zellen aufsitzen. Das Kinoplasma überzieht die Spermie, ein Teil ist überflüssig und verlässt sie wieder. Schon vor diesem Vorgang besitzen die Spermien ein geringes Quantum Kinoplasma, das sie befähigt, die Sertoli'schen Zellen aufzusuchen. Das Kinoplasma bildet auch das Substrat, das den Spermien Bewegungsenergie liefert.

b. Protoplasmatropfen

Bei genauer mikroskopischer Betrachtung des Samens von Bullen begegnet man mitunter Spermien, die am Anfang oder am Ende des Verbindungsstücks ein rundes, stark lichtbrechendes Gebilde tragen. *Roemmele* (177) und *Redenz* (172) beschreiben dieses Gebilde. *Roemmele* nennt es Kinoplasmakugel, *Redenz* Protoplasmatropfen. *Roemmele* fasst diesen Tropfen als einen Regulator der Bewegungsintensität auf, der den Stoffwechsel und die Reizbarkeit der Spermien dämpft, *Redenz* schreibt ihm Ernährungsfunktion zu. Auch *Lagerlöf* (111) und *Burki* (16) beschreiben dieses Gebilde. Während des Aufenthalts der Spermien im Nebenhoden wandert der Tropfen vom Hals des Spermiums bis zum Verbindungsstück. Geringe Schwankungen des osmotischen Drucks genügen, um ihn im Ejakulat abzustößen (*Burki*, 16).

Burki ist mit *Roemmele* der Ansicht, dass dem Tropfen regulatorische Funktion gegenüber der Reizbarkeit der Spermien zukomme. Der Stoffwechsel solcher Spermien ist herabgesetzt, sie bewegen sich langsamer und dafür länger. Beim Konservieren bleiben sie am längsten beweglich. Als Ernährungstropfen betrachtet *Burki* dieses Gebilde insofern, als er nach seiner Abstoßung rasch resorbiert wird und offenbar den Spermien als Nahrungstoff diene. Beim Aufbewahren des Spermas verschwinden die abgestoßenen Tröpfchen ziemlich rasch (*Burki* 16).

Nach *Lagerlöf* (111) beobachtet man ein vermehrtes Auftreten von Spermien mit Kinoplasmakugel, wenn Stiere in kurzer Zeit zahlreiche Deckakte ausführen. *Burki* (16) konnte diese Beobachtung nicht bestätigen. Er sieht ein gehäuftes Auftreten von Spermien mit Protoplasmakugel (bis zu 50 % der Spermien) als ein Zeichen funktioneller Schwäche oder Störung des Sexualapparates, bedingt durch eine Erkrankung der Geschlechtsorgane oder des übrigen Organismus an.

Auch *Belonoschkin* (8) beschreibt die Protoplasmakugel. Nach *Branton u. Salisbury* (14) verringert sich der Anteil der Spermien mit Protoplasmatropfen auf dem Weg der Spermien durch den Nebenhoden.

Merton (144) beschreibt ein solches Gebilde bei Mäusespermien als ein von den Sertoli'schen Zellen geliefertes lipoidhaltiges Tröpfchen Kinoplasma am Mittelstück der Spermien. Wird es durch Schütteln beseitigt, büßen die Spermien dadurch ihre Beweglichkeit ein. Im Uterus sind die Spermien auch ohne dies Tröpfchen mobil.

c. Einwanderung in den Nebenhoden

Aus dem Hoden gelangen die Spermien in den Nebenhodenkanal. Wie bereits erwähnt, gehen die Meinungen, ob sich die Spermien bereits im Hoden bewegen, auseinander. Dementsprechend bestehen auch verschiedene Ansichten über die Art und Weise, wie die Spermien aus den Hodenkanälchen in den Nebenhoden gelangen.

Windstoßer (240) ist der Meinung, dass die Spermien aktiv aus den Hodenkanälchen in den Nebenhoden einwandern und dort ruhig gestellt werden. Er begründet dies damit, dass die Spermien im Hoden beweglich seien. Auch nach *Stiasny* (210) bewegen sich die Spermien bis zum Nebenhodenschwanz aus eigener Kraft. Nach Meinung anderer Autoren jedoch gelangen die Spermien in die abführenden Gänge des Rete testis und in den Nebenhoden nicht aus eigener Kraft sondern passiv mit dem Sekretionsstrom aus den Hodenkanälchen und durch Flimmerbewegung der Epithelien. *Young* (249) hat durch Farbstoffinjektionen nachgewiesen, dass die Spermien des Meerschweinchens durchschnittlich 15 bis 18 Tage zum Durchwandern des ganzen Nebenhodens brauchen. Nach Unterbrechung der Verbindung zwischen Hoden und Nebenhoden verlängert sich diese Zeit auf 25 bis 28 Tage. Dies spricht für einen konstanten Sekretionsstrom. *Wimmer* (238) hat Ratten filtrierte Tusche in das rete testis verbracht und festgestellt, dass diese 24 Stunden später am Ausgang des Nebenhodens erscheint. *Rolshoven* (179) hat bei der Ratte den Sekretionsstrom in Form sogenannter Strömungsfiguren mikrophotographisch festgehalten. Über den Mechanismus des Sekretionsstroms ist nach ihm nichts genaues bekannt. Auch *Belonoschkin* (8) und *Redenz* (172) nehmen auf Grund ihrer Beobachtungen ein passives Vorwärtsschieben der Spermien durch den Sekretionsstrom und andere mechanische Momente an. Eine weitere Stütze findet diese Annahme durch das passive Verhalten der Spermien im Nebenhodengang (8).

d. Der Nebenhoden

1. Anatomie

Aus dem rete testis gehen abführende Kanäle, ductuli efferentes testis, hervor und verlassen den Hoden an seinem Kopfende. Dabei werden sie zunächst weiter und dicker und winden sich auf, sodass kegelförmige, mit der Spitze gegen den Hoden gerichtete und durch Bindegewebssepten getrennte Körper, die Nebenhodenlappchen oder Samenkegel, lobuli epididymidis, entstehen. Durch Bindegewebe und Muskulatur werden diese Nebenhodenlappchen zum Nebenhodenkopf, caput epididymidis, vereinigt. Die ductuli efferentes vereinigen sich bald in variabler Weise (einzeln oder in Gruppen) zum Nebenhodenkanal, ductus epididymidis, der in vielen, durch Bindegewebe verbundenen Schlingelungen am Hoden entlang läuft (corpus epididymidis) und am Schwanzende des Hodens, indem er dieses überschreitet, sich erheblich erweitert (cauda epididymidis) und in den ductus deferens übergeht. Der aus den vorstehend erwähnten drei Abschnitten: Kopf, Körper und Schwanz be-

stehende Nebenhoden liegt bei Mensch und Pferd lateral am dorsalen Hodenrand, beim Bullen lateral am caudalen Rand, beim Ziegenbock an der caudalen Fläche des Hodens nahe dessen medialem Rand und bei Eber, Hund und Kater am craniodorsalen Hodenrand. Aus dem Schwanz des Nebenhodens geht der Samenleiter hervor (*Ellenberger u. Baum* 31).

Die Länge des Nebenhodenganges in gestrecktem Zustand beträgt:
beim Pferd: 20 bis 30 m (*Mobilio* 147) bzw. 75 bis 86 m (*Ghetie* 45)
beim Rind :33 bis 35 m (*Mobilio* 147) bzw, 40 bis 50 m (*Harcenk* 60)
beim Schaf:47 bis 52 m(*Mobilio* 147) bzw, 52 bis 58 m (*Gavrila* 42)
b. Schwein: 17 bis 18 m (*Mobilio* 147) bzw. 55 bis 64 m (*Ghetie* 45)
beim Hund: 5 bis 15 m (*Mobilio* 147) bzw. 5 bis 8 m (*Munteanu* 155)
b.d.Katze 1,5 bis 2 m (*Mobilio* 147) bzw. 1,5 bis 3 m (*Busila* 17)
b.Kaninchen: 2 bis 2,5m (*Gallis* 41)
b.Hasen : 2,5 bis 3 m (*Gallis* 41) und beim
Menschen: 3 bis 4 m (*Redenz* 172).

Diese im Verhältnis zu den übrigen Samenwegen außerordentliche Länge des ductus epididymidis weist augenfällig auf die große Bedeutung des Nebenhodens für die Biologie der Spermien hin.

2. Der Nebenhoden als Samenspeicher

Im Nebenhoden sammeln sich die reifen, befruchtungsfähigen Spermien. Als einer der ersten hat *v.Lanz* (113, 114) durch seine Arbeiten experimentell erwiesen, dass der Nebenhodenschwanz das Reservoir für die Spermien darstellt, aus dem sie bei der Begattung ins Ejakulat gelangen. Er hat bei Mäusen noch nach 1 bis 2 Monaten und bei Meerschweinchen noch 20 bis 34 Tagen nach der Unterbindung der ductuli efferentes bewegliche Spermien im Nebenhodenschwanz gefunden. *Redenz* (172) hat geschlechtsreifen Hunden und Kaninchen beide Hoden unter Schonung der Nebenhoden entfernt. Zwei Monate nach der Operation konnte er noch Befruchtung durch Spermien aus dem Nebenhoden der Kaninchen und noch nach drei Monaten bewegliche Spermien im Nebenhodenschwanz der Hunde nachweisen. *Moore* (151) fand noch sechs Monate nach der Unterbindung der ductuli efferentes Samenfäden im Nebenhoden. 70 Tage nach der Operation waren die Spermien noch beweglich. Nach *Moore* bleiben die Spermien bei nicht kastrierten Tieren, bei denen lediglich die Ausführungsgänge des Hodens unterbunden sind, bedeutend länger beweglich als bei kastrierten Tieren. Er führt dies auf eine Wirkung des Hodenhormons zurück..

Nach drei- bis viermaliger Ejakulation innerhalb von 24 Stunden ist beim Menschen das Ejakulat frei von Spermien (*Lode* 126; *Exner* 38; *Belding* 6; *v.Lanz* 116). Im Vergleich unterscheiden sich die bei einzelnen Tierarten ermittelten Werte. *Lode* (126) hat bei Hunden, die alle 24 Stunden ejakulierten, ein Absinken der Spermienzahl von 65 600 000 auf 42 960 000 und 26 250 000 im 3. Ejakulat beobachtet. (Die Zahlen beziehen sich auf das Gesamtejakulat). Bei mehrmaliger Ejakulation innerhalb 24 Stunden erhielt er Werte von 1.) 56 250 000 ; 2.) 18 332 000 ; 3.) 5 136 000 und 4.) 4 512 000 Spermien im

Gesamtejakulat. Auch beim Hengst wurden ähnliche Beobachtungen gemacht (*Iwanov* 86 und *Lewis* 252). Daneben wurde noch eine Verschlechterung der Qualität der Spermien, insbesondere ihrer Beweglichkeit, beobachtet (*Iwanov* 86). Auch *Roemmele* (177) hat eine Verminderung der Menge und Qualität der Spermien des Bullen mit der Zahl der schnell aufeinander folgenden Sprünge beobachtet. *Polowcowa* (164) brachte beim Pferd die Gesamtzahl der ejakulierten Spermien sowie den Anteil der unreifen, normalen und überreifen Spermienformen in Beziehung zur Pause zwischen den einzelnen Deckungen. Sie stellte fest, dass nach kurzen Deckpausen vermehrt unreife, weniger bewegungsfähige Spermien auftraten. Nach übermäßig langen Pausen beobachtete sie degenerierte und zerfallene Spermien. Auch beim Schaf beobachtete *Schöttle* (195) dass sich längere Pausen zwischen den Deckungen ungünstig auf Menge und Qualität der Spermien auswirken. Von Schafböcken, die längere Zeit nicht gedeckt hatten, erhielt er beim ersten Sprung ein Ejakulat von geringer Menge und ohne lebende Spermien. In einem späteren Bericht hat *Schöttle* (195) die Zeitspanne zwischen den Sprüngen in Beziehung zum erzielten Befruchtungs-Hundertsatz gebracht, und dabei ermittelt, dass eine Pause von 1 bis 3 Stunden zwischen den einzelnen Ejakulationen optimal für die Erzielung einer Befruchtung ist. Er nannte diese Zeitspanne: „optimale Sexualpause“.

Beim Bullen beobachtete *Burki* (16) bei geschlechtlicher Überbeanspruchung eine Zunahme pathologischer Spermienformen. *Sokolowskyj* (208) bestreitet beim Rind die Möglichkeit einer nachteiligen Beeinflussung der Spermien durch zu langes Verweilen im Nebenhoden, da ein solches wegen der Neigung der Bullen zur Onanie gar nicht möglich sei.

Es scheint sich jedenfalls ein zu kurzer, wie auch ein zu langer Aufenthalt im Nebenhodenschwanz nachteilig auf die Spermien auszuwirken. In diesem Zusammenhang erscheint auch die Beobachtung von *Lehner* (121) über Spermiophagie durch das Epithel des Nebenhodengangs interessant. Spermien dringen in das Epithel des Nebenhodens ein und werden phagozytiert. Auch *Marsella* (140) beobachtete diese Spermiophagie. Nach seiner Ansicht ist ihr Zweck nicht nur der, untaugliche Spermien zu entfernen, sondern bei diesem Vorgang würden dem Blut hormonale Stoffe zugeführt.

Bei Bullen wurde beobachtet, dass eigenartigerweise das dritte Ejakulat eine größere Anzahl Spermien in der Raumeinheit enthält als das erste und zweite (*Lagerlöf* 112; *Feiling* 39; *Hatziolos* 67). Auch berichtet *Burki* (16), dass seiner Erfahrung nach sich das zweite Ejakulat durchschnittlich etwas besser konservieren lässt als das erste. *Kozeluha* (106) erklärt die schlechtere Qualität des ersten Ejakulats gegenüber den kurz darauf folgenden damit, dass beim ersten Ejakulat zu 50 bis 60 % Spermien aus den Samenleiterampullen beteiligt und durch die dort herrschende Wärme bereits geschädigt sind. Vgl.hierzu *Kirilov* (100), der über die biologische Aufgabe der Samenleiterampullen des Rindes Untersuchungen durchgeführt hat. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass *Stiasny* (210) beim Menschen den Nebenhoden und die Ampulle für das Depot der Spermien hält.

Kozeluha (105) stellte beim Kaninchen eingehende Versuche an über den Einfluss mehrmaliger Ejakulationen auf die Entleerungsvorgänge im Nebenhodenschwanz und über die zum Auffüllen dieses Organs benötigte Zeit. Er stellte dabei folgendes fest:

- 1.) der Entleerungsgrad des primären Inhalts von Spermien im Nebenhodenschwanz ist direkt abhängig von der Zahl der in kurzer Zeit folgenden Ejakulationen.
- 2.) Zur vollständigen Entleerung aller drei Teile des Nebenhodenschwanzes beim Kaninchen kommt es zwischen der 12. und 14. Ejakulation, welche innerhalb 2 Stunden erfolgten.
- 3.) Drei Stunden nach der Entleerung des Nebenhodenschwanzes beginnt die Neuauauffüllung seines Einmündungsteiles, welches normalerweise nach sechs Stunden voll ist, der mittlere Teil des Nebenhodenschwanzes ist nach 24 Stunden voll, nach 48 Stunden sind alle drei Teile der cauda epididymitis normal gefüllt.

Die Füllung des Nebenhodenschwanzes erfolgt durch Spermien, die im Nebenhoden-Körper und -kopf gelagert waren und durch die im Hoden infolge gesteigerter Spermio-genese vermehrt frisch gebildeten Spermien. *Kozeluha* weist besonders darauf hin, dass die in den „Hilfsdepots“ Nebenhoden-Körper und -Kopf gelagerten Spermien nicht ausreichen würden, den Nebenhodenschwanz aufzufüllen, wenn nicht eine gesteigerte Spermio-genese einsetzen würde.

3. Reifungsvorgänge im Nebenhoden

Der Nebenhoden dient den Spermien nicht nur als Speicher oder Depot, in ihm erlangen sie auch eine erhöhte Widerstandskraft gegen allerlei schädliche Einflüsse.

Stigler (213) bewies, dass die Spermien aus den Nebenhoden von Ratten und Meerschweinchen bedeutend resistenter gegen Wärmeeinwirkung sind als solche aus den Hoden. *Braus und Redenz* (15) haben Versuche an Spermien von Bulle, Hengst, Ziegenbock, Hund und Kaninchen gemacht, die sie aus dem Hoden (rete testis) und verschiedenen Abschnitten des Nebenhodens entnommen hatten. Sie stellten eine erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Säureeinwirkung bei den Spermien aus dem Nebenhodenschwanz gegenüber denen aus den vorhergehenden Abschnitten fest. Sie nahmen, wie schon *Cody* (20) auf Grund ihrer Beobachtungen an, dass die Spermien im Nebenhoden von einer besonderen, optisch nicht nachweisbaren Schutzhülle überzogen werden, die Puffereigenschaften hat und die sie gegen die Einwirkungen von Säuren, gegen welche die Spermien sehr empfindlich sind, schützt. Die außerordentliche Länge des Nebenhodenkanals ermögliche es, jedes einzelne der an seiner Wandung vorbeistreifenden Spermien mit dieser Umhüllung zu versehen.

Die Veränderungen, welche die Spermien während ihres Aufenthaltes im Nebenhoden erfahren, wird Reifung genannt (*Redenz* 172, 174; *Romeis* 180). Die unreifen Spermien aus dem Hoden machen im Nebenhoden einen Reifungsprozess durch und werden zu voll bewegungs- und befruchtungsfähigen

reifen Spermien. Die latente Beweglichkeit oder potentielle Bewegungsenergie der Spermien nimmt auf dem Weg durch den Nebenhoden zu (*Redenz* 172; *Belonoschkin* 7; *Joel* 81). Die aus dem Nebenhodenschwanz entnommenen Spermien zeigen eine intensivere und länger anhaltende Beweglichkeit als die aus dem Nebenhodenkopf oder den Hoden entnommenen. *Belonoschkin* (8) wies dies experimentell in Reihenversuchen an menschlichen Material nach, und unterstreicht die Bedeutung des Nebenhodens für die Beweglichkeit der Spermien. Nach seiner Meinung ist eine Aplasie der Nebenhoden eine häufige Ursache der essentiellen Nekrospermie. Die Spermien sind ohne die Passage des für sie lebenswichtigen Nebenhodenganges nicht lebensfähig.

Auch beim Geflügel hat *Munro* (153) eine Zunahme der Vitalität und Bewegungsdauer der Spermien während ihres Aufenthaltes im Nebenhoden nachgewiesen. Nach seiner Meinung steht die Reifung der Spermien im Nebenhoden unter dem Einfluss des Hodenhormons.

Aus dem vorstehenden wird verständlich, warum bei häufig wiederholten Ejakulationen außer der Verminderung der Zahl der Spermien auch eine Abnahme der vitalen Eigenschaften beobachtet wird. Während des nur kurzen Aufenthaltes im Nebenhoden, insbesondere im Nebenhodenschwanz, erlangen die Spermien nicht die Eigenschaften vollwertiger und befruchtungsfähiger (reifer) Spermien.

4. Bewegungshemmung im Nebenhoden

Im Nebenhoden ist die Bewegung der Spermien gehemmt (*Redenz* 172; *v.Lanz* 115) u.a. Die biologische Bedeutung dieser Tatsache liegt auf der Hand. Durch die Unterbindung der Bewegung wird den Spermien weitgehend die potentielle Bewegungsenergie bis zum Zeitpunkt der Ejakulation erhalten. Die langen Lebenszeiten der Spermien wurden bereits erwähnt; sie wären ohne die physiologische Hemmung der Bewegung und damit des Stoffwechsels wohl nicht möglich.

Für die Ursache dieser Bewegungshemmung ist eine ausreichende und durch exakte Beobachtungen gestützte Erklärung bis jetzt noch nicht gegeben worden. Einige Autoren nehmen als Grund der Hemmung eine Änderung der Wasserstoffionenkonzentration im Nebenhoden in Richtung zum sauren Bereich an (*Cohn* 21; *Braus* 15 u.*v.Lanz* 115). Die beim Stoffwechsel der Spermien entstehenden sauren Produkte erhöhen die Wasserstoffionenkonzentration und hemmen dadurch automatisch die Bewegung (*Scheuring* 190 u.*v.Lanz* 116). *Redenz* (175) nennt diesen Vorgang „Selbststeuerung“. Der pH-Wert des Nebenhodensekrets der Säugetiere beträgt nach übereinstimmender Feststellung fast aller Autoren 6,48 – 6,61 (*Belonoschkin* 8). Nach *Roemmele* (177) ist seine Reaktion jedoch alkalisch.

Daneben besteht auch die Möglichkeit, dass die Bewegung der Spermien im Nebenhoden infolge ihrer dichten Lagerung gehemmt wird. *Gray* (55) hat dies bei Seeigelspermien nachgewiesen. *Windstoßer* (240) lehnt sowohl die saure Reaktion des Nebenhodensekrets als auch die Dichte der Spermien-Ansammlung als Ursache der Bewegungshemmung ab und stellt eine Hypo-

these auf, wonach das Epithel des Nebenhodens in der Lage sei, elektiv gewisse Ionenarten zu sezernieren und dadurch ein den Stillstand der Spermien hervorruftendes Ionengleichgewicht zu schaffen.

Schlenk und *Kahmann* (191) kamen bei Untersuchung des Samens und Samenliquors der Forelle zu der Ansicht, dass die spezifische Wirkung des Liquors, Hemmung der Bewegung und Aufrechterhaltung der Bewegungsfreiheit, von seinem Gehalt an anorganischen Stoffen herrühre. Der Ruhezustand der Spermien wird durch ein angenommenes Gleichgewicht der Kaliumionenkonzentration zwischen Geißel und Spermaliquor bewirkt. Bei einer Störung dieses Gleichgewichts, z.B. beim Verdünnen des Spermas mit Wasser, setzt die Bewegung ein. Bei Säugetierspermien sind analoge Erscheinungen bislang noch nicht nachgewiesen worden (*Joel* 81), Nach *Stiasny* (210) erfolgt die Hemmung der Spermienbewegung durch die Verhinderung des Gasaustausches und damit des Zutritts von Sauerstoff im Nebenhodenschwanz, wodurch die Spermien gewissermaßen narkotisiert würden und ihre Bewegung einstellen. *Iwanov* (86) beobachtete auch bei Säugerspermien den bewegungshemmenden Einfluss der Spermiedichte. Auch *Feiling* (39) berichtet, dass sehr dichte Ejakulate eine geringere Spermienbeweglichkeit aufweisen als weniger dichte. Möglicherweise erfolgt die Hemmung der Spermienbewegung im Nebenhoden durch die erhöhte Konzentration eines noch unbekanntes, spezifischen Stoffes, der in geringerer Konzentration die Bewegung erlaubt. In diesem Zusammenhang sei die Beobachtung von *Granzow* (54) erwähnt, der die spezifische Wirkung der Nebenhodensubstanz auf die Beweglichkeit der Spermien nachgewiesen hat. Die Anwesenheit von Nebenhodensubstanz in der Spermasuspension erstärkt und verlängert die spontane Spermabewegung *in vitro* in hohem Grade. Entfernung der Nebenhodensubstanz aus der Suspension schwächt die Bewegungsintensität ab und verkürzt die Dauer der Spontanbewegung sehr stark. In Gegenwart der Nebenhodensubstanz bleibt die latente Vitalität der Spermien länger erhalten als ohne Zusatz der Substanz zur Suspension. Außer der Nebenhodensubstanz besitzt auch die Hodensubstanz eine stark fördernde Wirkung auf die Intensität und vor allem auf die Ausdauer der spontanen Spermabewegung in Ringerlösung. Auch andere Organe (Leber, Milz, Niere) haben in schwächerem Maße eine derartige Wirkung. Durch die genannten Organe wird die latente Vitalität der Spermien erheblich verlängert. Auch *Uramoto* (226) hat die günstige Wirkung von Extrakten aus Leber, Niere und Hoden auf die Lebensdauer von Ratten- und Kaninchen-spermien beobachtet.

Andererseits vernichtet nach *Granzow* (54) eine isotone, vorsichtig ausgeführte Verdünnung die vitalen Eigenschaften der Spermien rasch und unwiederbringlich. *Granzow* führt diese „Verdünnungslähmung“ auf die Konzentrationsverminderung eines von der Nebenhodensubstanz gelieferten und die Spermavitalität fördernden Stoffes zurück. Einzelheiten zu dieser Verdünnungslähmung werden später erwähnt.

Das Problem der Bewegungssteuerung der Spermien vor und nach der Ejakulation sowie die von *Granzow* (54) gemachten Beobachtungen erhalten

durch die von *Hartmann* und *Kuhn* (65) bei niederen Tieren entdeckten Befruchtungswirkstoffe (Gamone) neue Gesichtspunkte.

F. AUSLÖSUNG DER SPERMIE - WEGUNG

Die Auslösung der latenten Bewegung der ruhenden Nebenhodenspermien kann durch künstliche Eingriffe oder unter natürlichen Verhältnissen durch die Vermischung des Nebenhodensekrets mit den Sekreten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen bei der Ejakulation erfolgen.

a. Künstliche Auslösung

Die künstliche Auslösung der Bewegung erfolgt:
durch einfache Verdünnung (*Iwanov* 86; *Gray* 55), durch elektrolythaltige Lösungen (*Roemmele* 177; *Stiasny* 209; *Belonoschkin* 8) durch Zuckerlösungen (*Roemmele* 177) durch Sauerstoffzufuhr (*Roemmele* 177, *Stiasny* 209, *Belonoschkin* 8) durch Zusatz von alkalischen Mitteln (*Hirokawa* 72).
Nach *Granzow* (54) hat das Tutocain eine ausgesprochen aktivierende Wirkung auf die Bewegung der Meerschweinchenspermien.

b. Auslösung bei der Ejakulation

Bei der Ejakulation wird das Nebenhodensekret mit den Sekreten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen vermischt. Die Bewegung der Spermien wird hierbei ausgelöst. Besonders dem Sekret der Prostata wird eine bewegungsauslösende Funktion zugeschrieben (*Walker* 232). Nach *Hirokawa* (72) ist dies keine spezifische Eigenschaft des Prostatasekrets sondern ist nur in seiner alkalischen Reaktion begründet. Nach *Muschat* (156) hat das Prostatasekret des Menschen einen niedrigeren pH-Wert als das Ejakulat und könnte somit durch seine Alkaleszenz keine Spermienbewegung auslösen. *Iwanov* (86) sieht die Ursache der Auslösung der Spermienbewegung bei der Ejakulation in der Verdünnung der dichten Spermienmassen aus dem Nebenhoden durch die Sekrete der akzessorischen Geschlechtsdrüsen. Daneben nimmt er Elemente fermentativen Charakters an, die sowohl den höchsten Grad der Bewegungsenergie der Spermien, als auch ihre geringere Lebensdauer im Vergleich zu der außerhalb des Prostatasekrets bedingen.

Schlenk und Kahmann (191) führen beim Sperma der Forelle die Hemmung und Auslösung der Spermienbewegung auf ein Wechselspiel im Kaliumionengehalt der Geißel und des umgebenden Mediums zurück. Bei Warmblütern sind analoge Ergebnisse nicht bekannt. Die Verhältnisse bei warmblütigen Tieren mit innerer Befruchtung dürften andere sein, zumal die von *Schlenk und Kahmann* angegebenen Bewegungszeiten, verglichen mit denen des Spermas warmblütiger Tiere, sehr kurz sind.

Burki (16) hat bei einzelnen Ejakulationen eines sonst gesunden Stieres vollständige Akinesis der Spermien beobachtet, und führt dies auf eine zeitweise Störung der Funktion der akzessorischen Geschlechtsdrüsen infolge

Schmerzeinwirkung zurück. Eigenartiger Weise hat er mit diesem unbeweglichen Sperma in drei Fällen eine Trächtigkeit erzielt. Eine Woche nach dieser Beobachtung war das Sperma desselben Tieres wieder normal und zeigte gut bewegliche Spermien.

Nach den Ergebnissen von *Iwanov* und *Kassavina* (94) kommt dem Prostatasekret eine spezifische Fähigkeit zu, die Spermienbewegung zu mobilisieren, und zwar sowohl unter aeroben wie auch unter anaeroben Bedingungen (in Gegenwart von Cyanid). Im letzteren Fall ist es notwendig, der Spermien-suspension Kohlehydrate zuzusetzen, die als Substrat für die Glykolyse dienen können. Das Prostatasekret aktiviert in hohem Grade die aeroben und die anaeroben Energie liefernden Prozesse. Diese Wirkung des Sekrets geht beim Erhitzen auf 100°C verloren. Die Wirkung ist artspezifisch. Prostatasekret vom Hund ist nicht in der Lage, Bullen- oder Schafspermien zur Bewegung anzuregen. *Iwanov* und *Kassivina* (94) nehmen einen Stoff an, der das kontraktile Eiweiß der Spermiengeißel aktiviert.

Nach *Belonoschkin* (8) wirkt das Prostatasekret zuerst im Sinne einer Atmungssteigerung auf die Spermien. Die Zeit der gesteigerten Atmung ist bei Körpertemperatur am kürzesten, bei 16 bis 17 °C erstreckt sie sich über mehrere Stunden. Ihr folgt ein starker Abfall der Atmung, welcher in natürlichem Sekret stärker ist als bei auf 100 °C erhitztem Prostatasekret. Entsprechend ist die Bewegungsdauer in natürlichem Prostatasekret geringer als in vorher erhitztem Sekret oder auch in Salzlösungen von gleicher physikalisch-chemischer Zusammensetzung

Über den Gehalt des Prostatasekrets und des Samenblasensekrets an Fructose als Energiequelle für die Spüermien haben, wie bereits erwähnt, *Mann u.a.*(137, 138), *Davies* (25) sowie zusammenfassend *Caullery* (19) berichtet.

G . B E G A T T U N G U N D B E F R U C H T U N G

Eine Begattung duldet das weibliche Tier in der Regel nur während der Brunstzeit. Sie findet unter Einführung des männlichen Gliedes in die weiblichen Begattungsorgane (Immissio penis) statt. Die Begattung wird eingeleitet durch die Erektion des Penis, wobei eine vier- bis fünffache Volumenzunahme, Steifung und Härtung des Penis erfolgt. Diese wird bewirkt durch einen bedeutend erhöhten Zufluss arteriellen Blutes sowie durch eine Minderung des Blutabflusses. Die bei den männlichen Individuen beim Begattungsakt eintretenden mechanischen Reizungen der sensiblen Nerven des Penis durch Reibung desselben an der Wand der Vagina rufen reflektorisch den Samenerguss durch Erregung des caudal im Lendenmark gelegenen Ejakulationszentrums hervor (*Trautmann* 222).

Bei den einzelnen Tierarten bestehen Unterschiede im Reflexablauf, der die Begattung einleitet und sie auslöst. Dies äußert sich in der Art und Weise, wie die Begattung ausgeübt wird, in der Zeit, die zu einer Begattung erforderlich ist sowie in sonstigen physiologischen Eigentümlichkeiten. Nähere Angaben verdanken wir hauptsächlich *Gerhardt* (44).

a. die Ejakulation

Bei der Ejakulation wird das Hodensekret harnröhrenwärts bewegt durch peristaltische Kontraktionen des ductus deferens (*Trautmann 221*). Nach *Kölliker* (102) kontrahieren sich vor der Ejakulation zunächst die Samengänge reflektorisch durch Erregung des Ejakulationszentrums im Rückenmark. Die Austreibung des Inhalts des Samenleiters erfolgt durch eine schnelle kräftige Verkürzung desselben. Der ductus deferens verkürzt sich nach *Kölliker* schon bei schwacher Reizung auf die Hälfte seiner Länge. Im Gebiet des colliculus seminalis, wo der ductus deferens und die Ausführungsgänge der akzessorischen Geschlechtsdrüsen münden, erfolgt eine kräftige Durchmischung des Samens durch Zusammenspritzen der verschiedenen Sekrete (*Walker 232*). Der in die Harnröhre eintretende Samen ruft reflektorisch Kontraktionen der an der Urethra gelegenen Muskeln (M.bulbocavernosus, m. ischiocavernosus usw.) hervor. Dadurch wird der Samen stoßweise in die Vagina und, besonders bei Pferd, und Schwein, zuweilen auch direkt in den Uterus eingespritzt (*Trautmann 221*).

Bei Schwein, Pferd und Hund wird der Samen in den Uterus gespritzt, bei Mensch, Rind, Schaf und Kaninchen in die Vagina abgelegt. Entsprechend der Art der Besamung ist die physikalische Beschaffenheit der Ejakulate verschieden. Bei den erstgenannten Tierarten, die uterin besamen, sind die Volumina der Ejakulate größer als bei den letzteren

Mit dem Volumen hängt der Verdünnungsgrad der Spermien zusammen. Je größer die Menge, desto stärker die Verdünnung. Bei Schwein, Pferd und Hund ist demnach die Verdünnung am stärksten (*Milovanov 145*). Das Volumen der Ejakulate ist abhängig von der Sekretmenge der akzessorischen Geschlechtsdrüsen. Diese zeigen dementsprechend bei den einzelnen Tierarten Unterschiede in Bau und Größe. So finden wir beim Rind im Vergleich zum Schwein nur gering entwickelte akzessorische Geschlechtsdrüsen. Das Sperma ist flüssiger als das zähe des Ebers, zu dessen Zusammensetzung riesig entwickelte Drüsenkomplexe beisteuern. (*Gerhardt 44*).

b. Das Sperma in den weiblichen Zeugungsorganen

1. Das Vaginalsekret

Das Scheidensekret des Rindes hat einen pH-Wert von 7,5 bis 7,8, eine Gefrierpunktserniedrigung von bis $-0,63$ °C, und einen NaCl-Gehalt von 0,76 bis 0,85 % (*Roemmele 177*). Nach *Böttcher* (13) ist der pH-Wert in der Vagina gesunder Kühe = 7,03 bis 7,57, im Durchschnitt 7,36. Im Vaginalsekret ist die Lebensdauer der Spermien verkürzt. *Roemmele* (177) führt dies auf Sauerstoffmangel und erhöhte Kohlensäurespannung zurück. Er weist besonders auf die konzeptionsverhindernde Wirkung pathologischen Scheidensekrets hin. *Dougherty* (29) hat Reihenuntersuchungen an der Scheide von Milchkühen gemacht und pH-Werte von 5,52 bis 8,00 gemessen. Er konnte keine Beziehung ermitteln zwischen der Reaktion der Scheide einerseits und dem Auftreten von Zuchtstörungen andererseits.

Menschliches Vaginalsekret ist nach *Belonoschkin* (8) stark giftig für Spermien. Diese Schädlichkeit führt er neben dem Säuregrad auf spezifisch spermagiftige Substanzen zurück. Durch die kolloidale Schutzwirkung der Eiweißkörper des Ejakulats sowie durch seine puffernden Eigenschaften werden die Spermien weitgehend vor diesen Schädlichkeiten geschützt.

Beim Kaninchen hat *Kato* (97) bei durch Deckakt oder künstlich in die Vagina eingebrachten Spermien nach 10 Minuten eine deutliche Agglutination feststellen können, die während der ersten Stunde zunimmt und nach etwa acht Stunden in Auflockerung übergeht. Etwa zwei Stunden nach der Einbringung des Samens findet man außerdem massenhaft pseudoeosinophile Leukozyten, die eine lebhaft Phagozytose-tätigkeit entfalten.

2. Die Cervix uteri

Über die Bedeutung der Zervix bei der Begattung steht in den Lehrbüchern der Anatomie und Physiologie wenig geschrieben. Nach *Trautmann* (221) unterstützt der Schleimerguss aus der Cervix uteri den Eintritt der Befruchtung, ohne aber unbedingt hierfür erforderlich zu sein. Doch scheint der Funktion dieses Körperteils eine besondere Bedeutung zuzukommen. Fast sämtliche Autoren, die über künstliche Samenübertragung berichten, deponieren den Samen in den Cervicalkanal.

Nach *Milovanov* (44) stellt die Zervix der Kuh ein besonderes Organ dar, in dem die Spermien lange verweilen und lebensfähig bleiben. Die Lebensdauer bleibt hier bis zu 48 Stunden erhalten, während bereits nach einem neunstündigen Verweilen im Uterus keine Lebensäußerungen der Spermien mehr nachzuweisen sind. Auch *Quinlan* (170) gibt für einige Tiere eine Lebensdauer der Spermien in der Zervix von 48 Stunden an.

Für die Verhältnisse beim Menschen machen *Joel* (79) und *Belonoschkin* (8) die gleichen Angaben. *Dätwyler* (23) hat in vitro eine günstige Wirkung von zugesetztem Zervikalsekret auf Intensität und Dauer der Bewegung von in Ringerlösung suspendierten Spermien beobachtet.

In der Zervix befinden sich die Spermien nicht in gehemmtem Zustand, wie im Nebenhoden, sondern sie sind beweglich (*Joel* 79). Es hat den Anschein, als ob die Passage durch die Zervix und die Berührung mit dem Zervixschleim die Spermien für die Erfüllung ihrer Aufgaben günstig beeinflusst (*Belonoschkin* 8).

Zwischen den Tieren, die vaginal besamen und solchen die uterin besamen, bestehen Unterschiede im anatomischen Bau der Zervix. Bei den Vertretern des vaginalen Typs weist die Zervix ein- und mehrkammerige, mit Schleim gefüllte Hohlräume auf, während solche bei Tieren des uterinen Typs nicht vorhanden sind. *Belonoschkin* (8) bezeichnet deswegen, und wegen der für die Lebensdauer der Spermien günstigen Verhältnisse die Zervix beim Menschen und bei vaginal besamenden Tieren als ein „receptaculum seminis“. Der in die Vagina abgelegte Samen wird, die stattgehabte geschlechtliche Erregung des weiblichen Individuums vorausgesetzt, en bloc mit dem zuerst ausgestoßenem Zervikalschleim in die Zervix aufgenommen und teilweise bis

ins cavum uteri transportiert (*Belonoschkin* 8). Nach *Milovanov* (44) wandern die Spermien durch ihre Eigenbewegung aus dem Zervikalkanal ins cavum uteri.

Der Zervixschleim ist alkalisch. Der Citratgehalt ist verglichen mit anderen Sekreten und Geweben, außerordentlich hoch, beim Rind doppelt so hoch wie der Citratgehalt des Blutserums. Das Citrat hat einen günstigen Einfluss auf Beweglichkeit und Lebensdauer der Spermien. Als Ursache dieser günstigen Wirkung wird die Fähigkeit des Citrats angenommen, Calcium in Lösung zu halten (*Scherstén* 189).

Als durchschnittliche Zeit für die Passage der Spermien durch den Zervikalkanal werden angegeben:

bei der Ratte : 2 Minuten (*Hartmann* 61);

beim Kaninchen 116 Sekunden (*Parker* 159) ;

beim Schaf waren nach 30 Minuten Spermien in den oberen Abschnitten des Eileiters festzustellen (*Phillips* 163) ;

beim Hund : 25 Sekunden (*Evans* 35) die Zervix des Hundes ist sehr kurz, der Hund besamt uterin.

Nach *Löw* (128) übt das menschliche Zervikalsekret eine positive chemotaktische Wirkung auf die Spermien aus. *Barton und Wiesner* (4) berichten über das Verhalten menschlicher Spermien an der Grenzschicht zwischen Sperma und Zervikalschleim. Sie brachten Zervikalschleim der Ovulationsphase mit Sperma in Berührung und beobachteten mikroskopisch die Invasion der Spermien in den Schleim. Sie schlagen vor, diese Prüfung der Penetrationsfähigkeit des Samens als Test für die Qualität des Zervix-Schleims bzw. die Invasionskraft des Spermas zu benutzen. und mit der mikroskopischen Prüfung des Samens zu verbinden. Eine Beziehung zwischen dem zytologischen Charakter der Samenprobe und ihrer Invasionskraft konnten sie nicht ermitteln.

3. Der Uterus

Im Uterus wandern die Spermien aktiv infolge ihrer durch Rheotaxis gerichteten Eigenbewegung in Richtung auf die Tuben (*Romeis* 180; *Trautmann* 221). Nach *Trautmann* wirkt das Uterussekret positiv chemotaktisch auf die Spermien. Andere Autoren geben passive Bewegung der Spermien durch Peristaltik des weiblichen Genitale an. Nach *Evans* (35) erfolgt bei der Hündin die Fortbewegung der Spermien durch Antiperistaltik, der Flimmerschlag der Epithelien spiele hierbei keine Rolle. *Rossmann* (183) beobachtete bei der Ratte ebenfalls peristaltische Bewegung des Uterus. *Krehbiel* (107) konnte bei Mäusen und Katzen den Transport von für Röntgenstrahlen undurchlässigen Substanzen aus der Vagina in den Uterus verfolgen.

Nach *Milovanov* (145) beträgt die maximale Lebensdauer der Spermien im Uterus des Rindes 9 Stunden. Bei der Ratte sind 6 Stunden und 30 Minuten nach der Kohabitation noch 40 % der Spermien im Uterus beweglich, nach 9 bis 10 Stunden sind keine Spermien mehr nachweisbar. Im Uterus der Ratte findet eine Agglutination und Phagozytose der Spermien statt (*Merton* 144).

Nakano (157) hat in den Epithelien des mit Spermien prall gefüllten Uterus der Fledermaus reichlich Glykogen gefunden, während die Uterusepithelien normalerweise kein Glykogen enthalten. Die meisten Spermien sitzen mit ihrem Kopf dicht an dem Epithel des Uterus. Er nimmt an, dass das Glykogen chemotaktisch auf die Spermien wirkt und in Zucker gespalten zu ihrer Ernährung dient. Er bringt diesen Befund in Zusammenhang mit der langen Lebensdauer der Spermien im Uterus der weiblichen Fledermaus. Die Fledermäuse begatten sich im Herbst, die Befruchtung des Eies findet erst im darauffolgenden Frühjahr statt. Den Winter über wird der Samen zeugungsfähig im Uterus aufbewahrt.

4. Die Tuben

Die Lebensdauer der Spermien in den Eileitern wird für das Meerschweinchen mit 41 Stunden (*Belonoschkin* 8) für die Ratte mit 17 Stunden (derselbe) und für die Maus mit 13 und einer halben Stunde angegeben (*Merton* 144). Zwei bis drei Stunden nach der künstlichen Besamung der weißen Maus hat *Merton* (144) Spermien in der Tube und am Ei beobachtet. Bei Schafen haben *Schott* und *Phillips* (194) 20 Minuten nach dem Deckakt, *Phillips und Andrews* (163) 30 Minuten nach der Besamung Spermien in den oberen Abschnitten der Eileiter festgestellt. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Spermien in den Geschlechtswegen des weiblichen Schafes beträgt etwa 4 cm pro Minute unabhängig vom Zyklus (*Schott* 194).

Nach *Mimura* (146) werden die Spermien des Hahns im Ovidukt des Huhns passiv bewegt, Kohlepartikelchen bewegen sich ebenso schnell.

Die Kenntnis der Lebensdauer der Spermien in den weiblichen Geschlechtswegen, insbesondere in den Tuben, sowie ihrer Wanderungsgeschwindigkeit ist von praktischer Bedeutung für die Wahl des richtigen Zeitpunkts der Deckung oder Besamung der weiblichen Tiere. Nach *Götze* (51) ist wesentlichste Voraussetzung für das Zustandekommen der Befruchtung das annähernde Zusammentreffen der natürlichen Paarung oder der künstlichen Besamung mit der Ovulation beim weiblichen Individuum. Die Lebensdauer und Befruchtungsfähigkeit des im Eileiter angekommenen Eies und der zu ihm wandernden Spermien beziffert *Götze* (51) beim Pferd nur mit Stunden. *Day* (26) vermutet erheblich längere Lebenszeiten der Spermien im Genitaltrakt der Stute. Er hat nach Insemination von etwa 2 Milliarden Spermien noch Trächtigkeit erzielt, wenn die Besamung frühestens 6 Tage vor der Ovulation vorgenommen wurde, aber nie, wenn dies am Tage nach der Ovulation geschah..

c. Die Befruchtung des Eies

Die Befruchtung des Eies findet bei Haustieren meist im ovariellen Drittel der Tuben statt. Von den in die Nähe der Eizelle gelangten und diese umschwärmenden Spermien dringen unter drehenden, bohrenden Bewegungen gewöhnlich mehrere (oder nur eines) in das gequollene, deshalb leicht durchlässige Oolemm (Eihülle, -membran) hinein, aber nur ein einziges Spermium,

das Hauptspermium, gelangt bei den Säugetieren durch das Oolemm hindurch (*Trautmann 221*).

d. Bewegungsrichtende Einflüsse auf die Spermien

Die Eigenbewegung der Spermien auf dem Weg zur Eizelle und während der Befruchtung wird gerichtet durch:

1. **Rheotaxis** (Bewegungsreaktion auf einseitige Änderung der Druckwirkung).

Der Uterus und die Tuben des weiblichen Tieres sind mit Flimmerepithel ausgekleidet, das einen vom Ovarium zur Vagina gerichteten Strom verursacht. Die Spermien bewegen sich gegen den Strom (*Godlewski 47; Trautmann 221*) *Yamane* und *Ito*, zit.nach *Belonoschkin* (8) haben die rheotaktische Bewegung der Spermien *in vitro* nachgewiesen, *in vivo* wird sie von *Belonoschkin* (8) jedoch bestritten.

2. **Thigmotaxis** (Bewegungsreaktion, die sich bei dem Kontakt der lebendigen Substanz mit festen Körpern äußert)(*Godlewski 47*).

Stiasny (210) beschreibt die thigmotaktische Bewegung der Spermien. Diese sammeln sich hierbei am Rande eines Tropfens oder umgeben einen Fremdkörper, als wenn sie ihn befruchten wollten. Bei mikroskopischer Betrachtung von Samenproben beobachtet man mitunter einzelne Spermien, die das Deckglas berührt haben und nicht mehr von ihm loskommen.

3. **Chemotaxis**.

(Bewegungsrichtende Fernwirkung verschiedener chemischer Stoffe auf die Spermien).

Nach *Godlewski* (47) ist in der bisher - im Jahr 1926 - bekannten Literatur kein Anhalt für das Bestehen einer chemotaktischen Wirkung der Eizellen durch produzierte Stoffe auf die Spermien. Dagegen hat *Löw* (128) eine positive chemotaktische Wirkung des Zervix-Sekrets auf die Spermien beschrieben. *Nakano* (157) beobachtete bei der Fledermaus chemotaktische Wirkung der Gebärmutterschleimhaut auf die Spermien. Er führt dies auf ihren Gehalt an Glykogen zurück. Bei niederen Tieren und Kaltblütern wurde in neuerer Zeit die chemotaktische Wirkung des Eisekretwassers auf die Spermien nachgewiesen (*Hartmann 64, 66; Schartau 188*). Bei Säugetieren ist eine entsprechende chemotaktische Wirkung der Eizelle bis jetzt noch nicht beschrieben worden.

4. **Galvanotaxis** (Bewegungsrichtende Wirkung durch elektrische Ladung).

Keller (99) erklärt die Bewegungsvorgänge bei der Befruchtung durch elektrische Ladungsdifferenzen zwischen Spermien und Eizelle. Die Spermien sind überwiegend negativ, die Eizellen überwiegend positiv elektrisch geladen. Die Zellen sind jedoch nicht einfach positiv oder negativ geladen, son-

dern bis zur Grenze der Sichtbarkeit und wahrscheinlich noch weiter unterteilt in negative und positive Bestandteile. Die Spermien des Meerschweinchens und die anderer Säuger haben am Vorderrand ein sehr kleines besonders stark negativ geladenes Stirnband, und sind im übrigen mit einer positiv geladenen Oberflächenschicht bedeckt. Der Schwanzfaden ist überwiegend positiv, er stellt sich bei der Befruchtung im rechten Winkel zu der ebenfalls positiv geladenen Eioberfläche ein, wie es das elektropositive Feld des Eies erfordert, so lange es unbefruchtet, also nicht entladen ist. An der Oberfläche des Eies befindet sich ein besonders stark positiv geladener Fleck, der Keimfleck.

Schröder (198) beobachtet, dass die Spermien nicht alle gleiche elektrische Ladung aufweisen, sondern bei der Elektrophorese teils kathodisch, teils anodisch wandern. Sie vermutet, dass die Spermien mit X-Chromosomen an die Anode, diejenigen mit Y-Chromosomen an die Kathode wandern. Weiterhin berichtet sie, dass nach längeren Deckpausen die meisten Spermien zur Anode wandern, bei erstmalig deckenden Tieren an die Kathode. Vogelspermien wandern durchweg anodisch, dies wird damit erklärt, dass bei den Vögeln die Männchen homogamet sind und Spermien mit X-Chromosomen liefern, während die heterogameten Weibchen Eier sowohl mit X- als auch mit Y-Chromosomen legen., im Gegensatz zu den Verhältnissen bei den Säugetieren (*Schröder* 200). Sie will versuchen, eine Methode auf Grund ihrer Feststellung zu entwickeln, mit deren Hilfe und der Anwendung der künstlichen Besamung in der Tierzucht sie das Geschlechterverhältnis willkürlich beeinflussen will. Sie berichtet dass es ihr gelungen sei, bei Kaninchen eine Verschiebung des Geschlechterverhältnisses der Würfe bis zu 80 % in der gewünschten Richtung zu erreichen.

Hämmerling (59) und *Joel* (79) berichten über Versuche, auch beim Menschen das Verhältnis der Geschlechter willkürlich durch Änderung des pH-Wertes des weiblichen Genitale zu verschieben. Alkalische Reaktion soll die Y-Spermien begünstigen, bei saurer Reaktion sollen die X-Spermien leichter zum Ei gelangen.

5. Agglutination

Über Spermien-Agglutination ist bereits in den Abschnitten Vagina und Uterus berichtet worden. Nach *Rosenthal* (182) werden Spermien von Meerschweinchen, Ratte, Kaninchen und Mensch durch einige Stämme von Koli-bakterien agglutiniert und unbeweglich gemacht. Die agglutinierende Wirkung der Bakterien wird durch Erhitzen auf 100 °C aufgehoben.

Eine Agglutination von Spermien wird ferner bei der Eizelle vor und während der Befruchtung beobachtet. *Lillie* (124) hält die diese Agglutination bewirkende Substanz für identisch mit derjenigen, welche nach ihm die wesentlichste Rolle bei der Befruchtung spielt, und die er „Fertilizin“ nennt. Er unterscheidet folgende Grade der Wirkung der Eizelle auf die Spermien: Aktivierung, Aggregation, Agglutination und Massenkoagulation. Aggregation und Agglutination bewirken Ansammlung der Spermien bei der Eizelle und wirken so positiv für die Befruchtung. Die Massenkoagulation stellt einen Schutz vor

Bastardbefruchtung dar. Das Fertilizin wird von der lebenden unbefruchteten Eizelle produziert. *Lillie* (124) fasst es als Ambozeptor im Sinne der Ehrlich'schen Seitenkettentheorie auf. Von den beiden Seitenketten des Fertilizins kann sich die eine mit dem Rezeptor des Spermiums (spermophile Kette), die andere mit dem Rezeptor des Eies (ovophile Kette) verbinden. Das Ei stellt das Antigen, das Spermium das Komplement dar. Die ovophile Kette wird durch die Verbindung des Spermiums mit dem Fertilizin aktiviert und hierdurch kommt die Befruchtung zustande. Die übrigen spermophile Ketten werden durch das im Augenblick der Befruchtung frei werdende Antifertilizin besetzt, und dadurch eine Befruchtung der Eizelle durch mehr als ein Spermium verhindert (*Lillie* 125).

Die mikroskopischen Veränderungen, welche an Spermien im Verlauf der Agglutination zu beobachten sind, werden von *Popa* (167) beschrieben:

Erstens bildet sich unter dem Einfluss des Eisekretwassers an der Spitze des Spermienkopfes für eine Minute eine Mikropyle aus, durch die eine klebrige Substanz als Flocke austritt. Mit diesen Flocken haften die noch beweglichen Spermien aneinander (reversible Phase der Agglutination).

Zweitens löst sich die zytoplasmatische, lipophile, den Kern umgebende Hülle allmählich ab und häuft sich als „Lateralkörper“ am Kopf des Restspermiums an. In dieser irreversiblen Phase der Agglutination werden die Spermien unbeweglich.

H . G A M O N E

Hartmann, Kuhn u.a. (65) haben beim Seeigel nachgewiesen, dass die von *Lillie* (125) und anderen beschriebenen Wirkungen der Eisekrete auf die Spermien verschiedenen, voneinander trennbaren Stoffen zukommen. Diese Stoffe wurden von Hartmann und Kuhn „Gamone“, d.h. Befruchtungsstoffe genannt, da sie die Vereinigung der Geschlechtszellen bewirken und damit die Befruchtung (Gamos gr.= Hochzeit) ermöglichen (*Bielig und Graf Medem* 9).

Es wurden zunächst 4 Gamone nachgewiesen, 2 in den weiblichen Gameten (Eiern) enthaltene Gynogamone und 2 in den männlichen Gameten (Samen) enthaltene Androgamone. *Schartau und Montalenti* (188) haben auch bei einem Chordaten (*Lampreta fluviatilis*) und *Hartmann* (62) bei einem Teleostier (*Salmo irideus*) Gamonwirkung beobachtet. *Hartmann u.a.* (66) haben die Gamone bei *Salmo irideus* beschrieben und sie teilweise chemisch isoliert und identifiziert.

Untersuchungen der letzten Jahre deuten darauf hin, dass einzelne dieser Gamone, die jeweils zwei oder mehr verschiedene Wirkungen entfalten, stofflich nicht einheitlich sind. Angelehnt an die Nomenklatur der Vitamine wurde in ähnlichen Fällen der Ausdruck „Gamonkomplex“ geprägt (*Bielig u. Graf Medem* 9).

Die Erkenntnisse, die durch die Entdeckung der Gamone gewonnen wurden, lassen neue Einblicke in das Wesen des Befruchtungsvorganges zu. Wenn sie auch bisher nicht zur Aufstellung einer allgemeinen Theorie der Befruchtung geführt haben, so zeigen sie doch den Weg, in welcher Weise die

Anschauungen der älteren Forscher, vor allem Lillies Fertilizin-Theorie, abzuändern, und dem heutigen Stand der Forschung nach, zu ergänzen sind (*Bielig u. Graf Medem* 9).

Übersicht der bisher bekannten Gamone:

Gynogamon I – Komplex (im Ei)

- Wirkungen: 1. chemotaktische Anlockung der Spermien.
(Aggregation Lillies)
2. Aktivierung der Spermienbewegung.
(Aktivierender Faktor)
3. Antagonismus zum Androgamon I

Gynogamon II (im Ei)

- Wirkung: Agglutination der Spermien.
(Fertilizin Lillies)

Androgamon I (im Sperma)

- Wirkung: teilweise oder völlige Lähmung der Spermienbewegung.
Weder art-, noch gattungsspezifisch.
noch ordnungsspezifisch.

Androgamon II - Komplex (im Sperma)

- Wirkungen: 1. Auflösung der Eihüllsubstanzen,
2. Fällung der Eihüllsubstanzen,
3. Antagonismus zum Gynogamon II.

(nach *Bielig und Graf Medem* (9))

Der Gynogamon – I – Komplex lockt die Spermien chemotaktisch an und erhöht ihre Beweglichkeit in Einähe durch Aufhebung der Androgamon–I–Wirkung. Auch bei Säugetiere sind schon Beobachtungen gemacht worden, die auf eine ähnliche Wirkung hinweisen. *Iwanov zit.n. Belonoschkin*(8) konnte in der Flüssigkeit der Graaf'schen Follikel der Kuh 2 mal 24 Stunden lang bewegliche Spermien beobachten. *Becher* (5) hat den anregenden Einfluss der Follikelflüssigkeit auf die Spermien beschrieben.

Die Lähmung der Spermien durch das Androgamon I kann nach *Bielig und Graf Medem* (9) als Schutz gegen vorzeitigen Energie-Verbrauch der Spermien aufgefasst werden, wodurch diese länger befruchtungsfähig bleiben. Die bisher ungelösten Probleme der Bewegungshemmung der Spermien im ductus epididymidis erhalten durch die Entdeckung der Androgamon-I–Wirkung bei Kaltblütern neue Gesichtspunkte, die vielleicht zu ihrer Lösung führen können. Auch das von *Granzow* (54) beschriebene Phänomen der lebensverlängernden Wirkung der Nebenhodensubstanz auf die Spermien und die verschiedentlich beobachtete Bewegungshemmung in dichten Spermien-Suspensionen (*Feiling*, 39 ; *Iwanov* 86) lassen sich vielleicht neben anderem durch die Konzentrationserhöhung einer im Sinne des Androgamon I wirksamen Substanz erklären.

Das Gynogamon II kann nach *Bielig und Graf Medem* (9) in Anlehnung an Lillie als ein Faktor angesehen werden, der sowohl die Ei- als auch die Spermienoberfläche beeinflusst. An der Ei-Oberfläche bildet sich anscheinend ein Gynogamon II–Antifertilizin-Komplex aus, der durch Reaktion mit dem antagonistischen Androgamon II–Faktor der Spermien diese in Einähe hält (reversible Agglutination). Die Masse der so fixierten Spermien macht schließlich die Hauptmenge des Agglutinins in gleicher Weise weiter unwirksam und bewirkt durch das lösende Androgamon II – Prinzip (die Hyaluronidase) die Auflockerung der Eihülle, so dass schließlich einem Spermium der Eintritt ins Ei gelingt (*Bielig und Graf Medem* 9).

Hinsichtlich der Erforschung der Gynogamon–II– Wirkung bei Säugetieren verdient nach *Bielig und Graf Medem* (9) eine Arbeit von *Popa* (166) besondere Erwähnung, welche die agglutinierende Wirkung von Follikelflüssigkeit auf Säugetierspermien beschreibt. In der zellfreien Flüssigkeit Graaf’scher Follikel von Kuh, Schaf und Schwein werden arteigene, aus Hoden, Nebenhode oder Samenblase gewonnene Spermien innerhalb 20 Minuten nach dem Einbringen zu durchscheinenden bröckeligen Coagula zusammengeballt. Das Agglutintn, welches wahrscheinlich vom Ei stammt, wird durch Erhitzen auf 56 °C inaktiviert. Diese Agglutination bleibt bei der Verwendung von Spermien aus dem natürlichen Ejakulat aus.

Das Gynogamon II ist artspezifisch. Es sind indessen einige Fälle bekannt, in denen eine Reaktion zwischen dem Gynogamon II einer Art und den Spermien einer anderen stattfindet. *Lillie* (124) unterscheidet diese Heteroagglutination von der Isoagglutination arteigener Spermien. Das folgende Schema zeigt die bei Säugetieren beobachteten Heteroagglutinationen (Wirkung des Gynogamon II in Pfeilrichtung):



(nach *Bielig und Grad Medem* 9)

Die Fähigkeit des Androgamon II Komplexes, die Koronarzellschicht des reifen, ovulierten Eis zu lösen, kommt einem Ferment, der „Hyaluronidase“ zu. *Yamane* (246) hat bei Kanincheneiern die Lösung der Eihüllensubstanz nach der Besamung beobachtet. Er hat dieselbe Wirkung auch im Samenextrakt nachgewiesen und vermutete die Anwesenheit einer Tryptase. *MacClean und Rowlands* (133) haben gefunden, dass Auszüge aus Säugetiersperma und Säugerhoden in der Lage sind, die das Ei in der Tube umgebenden Follikelzellen abzulösen und so den Spermien den Weg zum Ei freizugeben. Sie führen dies auf die Wirkung des im Sperma enthaltenen Ferments Hyaluronidase

zurück. Eine Zusammenfassung über Hyaluronidase findet man bei *Duran-Reynals* (30) (*nach Bielig u. Graf Medem* (9)), sowie bei diesen.

Zwischen dem Fermentgehalt des Spermias und der Dichte der Spermien-suspension besteht bei Kaninchen, Stier, Eber und Mensch eine direkte Beziehung. Je dichter die Suspension ist, umso höher ist nach *Swyer* (215) ihr Hyaluronidase-Gehalt. Mindestens $\frac{3}{4}$ des gesamten Hyaluronidase-Gehalts des Samens ist in den Spermien, der Rest im Spermaplasma enthalten. In Suspensionen von lebenden Spermien in salinischen Lösungen ist die Menge der Hyaluronidase in der Lösung proportional dem Logarithmus des Volumens der Lösung bei einer konstanten Anzahl Spermien. Das Zugewesen von gelöster Hyaluronidase im Suspensionsmedium verringert die Menge des von den Spermien freigemachten Enzyms. Es wird vermutet, dass der Mechanismus, der das Verhältnis zwischen dem Volumen der Suspension und der freigesetzten Hyaluronidase bewirkt, genügt um den Austritt des Enzyms in den Tuben zu erklären, der nötig ist, das frisch ovulierte Ei zu desintegrieren (*Swyer* 216) Bei Untersuchung einiger Faktoren bezüglich des Freiwerdens der Hyaluronidase konnte *Swyer* feststellen, dass kurzzeitiges Gefrieren des Spermias, sowie Aufbewahrung 24 Stunden bei 0 °C offensichtlich ein Entweichen des Enzyms aus den Spermien erlaubt. Die Hyaluronidase wird nicht von den Spermien selbst gebildet, sondern nur durch diese aus ihren Bindungen freigemacht. Sie entstammt wahrscheinlich dem Epithel der tubuli seminiferi des Hodens (*Swyer* 216).

Bei Männern mit Azoospermie, bei kryptorchiden und nicht geschlechtstreifen Individuen fehlt die Hyaluronidase (*Joel* 80). Das Hundesperma enthält wenig Hyaluronidase, auch bestehen keine Beziehungen zur Spermiedichte, im Sperma der Vögel fehlt sie vollständig (*Swyer* 215). Auch in den Hoden von Reptilien ist keine Hyaluronidase nachweisbar. Dies ist interessant angesichts der Tatsache, dass bei Vögeln und Reptilien die Eier nicht von einer Coronarschicht umgeben sind (*Swyer* 214).

Die Entdeckung der Hyaluronidase und ihrer physiologischen Wirkung hat zur Lösung manchen bisher ungeklärten Problems beigetragen. Da der Fermentgehalt des Samens abhängig ist von der Dichte des Spermias und das Ferment zum großen Teil an die Spermien gebunden ist, wird erklärlich, warum zum Zustandekommen einer Befruchtung eine Mindestzahl Spermien in das weibliche Genitale eingebracht werden muss. Die ersten das Ei in der Tube erreichenden Spermien bringen das Ferment in die Umgebung der Eizelle und bewirken die Lösung der Coronarschicht. Erst ein später ankommendes Spermium bewirkt die eigentliche Befruchtung (*Joel* 80). Ist die Zahl der das Ei erreichenden Spermien zu gering, so können sie dort die zur Desintegration des Eies erforderliche Fermentkonzentration nicht herstellen und die Befruchtung des Eies unterbleibt. Da, wie oben erwähnt, die Menge der aus den Spermien austretenden Hyaluronidase proportional dem Logarithmus des Volumens der Suspension der Spermien ist darf die künstliche Verdünnung des Samens ein gewisses Maß nicht überschreiten, um einen zu starken Verlust an Hyaluronidase und damit die Schädigung der Befruchtungskraft der Spermien

zu vermeiden. Andererseits kann man durch Zusatz von künstlich angereicherter Hyaluronidase stark verdünntes Sperma wieder befruchtungsfähig machen (*Joel* 81; *Swyer* 216) *Swyer* erklärt diese Wirkung zugesetzter Hyaluronidase damit, dass die Spermien in diesem Fall weniger Ferment abgeben.

Der Verlust von Hyaluronidase durch die Spermien bei niederen Temperaturen dürfte auch für das Problem der Spermakonservierung von Bedeutung sein. Es ist anzunehmen, dass ein Aufbewahren bei zu tiefen Temperaturen auf jeden Fall schädlich für die Befruchtungskraft der Spermien ist.

J. HORMONE UND VITAMINE

a. Hormone

Die Wirkung von Hormonen, vor allem dem gonadotropen Hypophysenhormon und dem männlichen Sexualhormon auf die männliche Geschlechtssphäre und damit die Spermaproduktion ist bekannt und soll daher nicht im einzelnen erörtert werden. Erwähnt wurde bereits die Beobachtung von *Moore* (151), dass das Hodenhormon einen positiven Einfluss auf die Lebensdauer von Spermien in dem abgebundenen Nebenhoden hat, wurde bereits berichtet, ebenso über den Fructosespiegels in den Sekreten von Prostata und Samenblase bezüglich seiner Abhängigkeit vom Hodenhormon (*Mann* 138). In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, dass *Schöttle* (195) über eine erhebliche Verlängerung der Lebensdauer (bis zu 60 Tagen) und Verstärkung der Bewegungsintensität von Spermien berichtet, die von mit Hypophysenextrakt behandelten Schafböcken stammten.

b. Vitamine

Hypovitaminosen, bedingt z.B. durch mangelhafte oder falsche Ernährung, können von großem Einfluss auf Spermaproduktion und Vitalität der Spermien sein (*Stiasny* 210). Mangelhafte Zufuhr von Vitamin E bewirkt bei Ratten zunächst eine Schädigung der Spermien im Sinne verminderter Befruchtungsfähigkeit und führt dann zu vollständigem Aufhören der Spermiogenese (*Evans* 36). *Girond und Leblond* (46) stellten einen im Verhältnis zu anderen Organen erhöhten Vitamin C-Gehalt in den Hoden von Maus, Ratte, Rind und Schwein fest. *Evans* (37) beobachtete Degeneration der Hodenepithelien bei Mangel an Vitamin A. Der Vitamin C-Gehalt des Spermas vom Meerschweinchen beträgt 6 - 8 mg % und sinkt bei Vitamin C-Mangel in der Nahrung auf 0,8 mg %. Gleichzeitig geht das Volumen des Ejakulats von etwa 2,0 ccm auf 0,4 ccm zurück (*Zimmet* 251).

Phillips und andere (162) wiesen bei Bullen mit verminderter Fruchtbarkeit im Sperma 2 mg % Vitamin C gegenüber 3 bis 8 mg % bei fruchtbaren Tieren nach. Durch subkutane Verabreichung von Vitamin C konnten sie eine Verlängerung der Lebensdauer der Spermien und eine Erhöhung der Fertilität bewirken. Über Wirkungsweise und Angriffspunkt des Vitamin C in diesem Zusammenhang ist noch nichts genaues bekannt.

K. CHEMISCHE UND PHYSIKALISCHE EINWIRKUNGEN AUF DIE SPERMIIEN

a. Allgemeines

Zahlreich sind die Berichte über Versuche, durch Beobachtung der Spermien vor und nach verschiedenen physikalischen oder chemischen Einwirkungen Kenntnis von den Lebensbedingungen dieser Zellen zu erhalten. In diesem Zusammenhang seien auch die Versuche erwähnt, die Schädlichkeit verschiedener chemischer Stoffe auf die Spermien festzustellen.

Günther (56) untersuchte eine Reihe von Chemikalien hinsichtlich ihrer Wirkung auf Säugetierspermien. Er stellte fest, dass verdünnte Säuren nicht abtötend, sondern nur bewegungshemmend wirken. Ihre Wirkung lässt sich durch Alkalien wieder aufheben. Ausgesprochene Giftwirkung zeigen nach ihm die Metallsalze, die Gruppe der Antiseptika und schließlich solche Substanzen, die ein starkes Reduktionsvermögen besitzen. Auch *Uramoto* (226) stellte die Giftwirkung der Schwermetallsalze auf die Spermien fest. Er bemerkt dazu, dass diese in Verdünnung über 1 : 50 000 unschädlich seien. Nach *Uchigaki* (225) wirken Nikotin, Coffein, Morphin, Opium, Chinin u.a. schädlich auf die Spermien. *Böttcher* (13) untersuchte eine Reihe von chemotherapeutisch anwendbaren Farbstoffen, mit dem Ziel, ein Mittel zu finden, mit dem man Trichomonaden unter Erhaltung der Befruchtungsfähigkeit des Samens abtöten könnte. Danach sind:

Cialit, Solusalvarsan 1:100000 sofort tödlich

Flavadin, Balkanol 1: 10000 sofort tödlich

Trypaflavin 1: 10000 nach 5 Minuten tödlich für die Spermien, während sich die Trichomonaden als erheblich resistenter erwiesen.

Auch Kohlensäure wirkt giftig, wie *Kalwaryjski* (96), *Uchigaki* (225) und *Shettles* (203) berichten. Nach *Kalwaryjski* bewirkt CO² eine Agglutination der Spermien des Frosches. Diese Agglutination wird durch Neutralsalze gehemmt. Nach *Shettles* ist die toxische Wirkung des CO² weder eine Säurewirkung noch im Sauerstoffmangel begründet. Seine Beobachtungen beziehen sich auf menschliches Sperma.

Joel (79) bestätigt die Feststellung von *Günther* (56), dass verdünnte Säuren nur eine reversible Lähmung, einen Scheintod der Spermien bewirken, und dass sich ihre Wirkung durch Laugen wieder aufheben lässt, während stärker konzentrierte Säuren echten Tod verursachen. Laugen wirken stets irreversibel tödlich. Eine reversible Lähmung bewirken auch manche hypotonische Lösungen von Salzen z.B. von Natriumchlorid.

Nach den Untersuchungsergebnissen von *Joel* (79) bewegen sich menschliche Spermien in:

0,5 % Essigsäure	40 - 45 Minuten	10 % Kalilauge	0 Minuten
1,5 % Zitronensäure	25 - 30 Minuten	10 % Natronlauge	7 Minuten
10 % Salzsäure	60 Minuten	10 % Sodalösung	20 Minuten
1 % wässrig.Methlenblau	5 Minuten	1 % Hydrochinon	50 Minuten
70 % Alkohol	25 Minuten	1 % Brenzkatechin	50 Minuten

Es ist somit auch auf die Art der Säure bzw. Lauge zu achten, Bemerkenswert ist die gute Verträglichkeit der Salzsäure, während Kalilauge sehr giftig wirkt. Bereits in Verdünnung von 1 : 10 000 hemmt sie jede Bewegung der Spermien. Demgegenüber hat *Köllicker* (103) 0,1 % ige Kalilauge zur Wiederbelebung von Spermien angewandt. *Joel* (79) weist auf diesen Widerspruch hin. Außerordentlich giftig wirkt Chinin. 2 % ige chininum hydrochloricum-Lösung ruft bereits nach 15 Sekunden Zerfallserscheinungen an den Spermien hervor (*Joel* 80; *Stiasny* 210). Monochlorhydrin ist in Verdünnung 1 : 10 000 stark giftig für Spermien (*Stiasny* 210).

b. Temperatureinflüsse

Über die Einwirkung höher und niederer Temperaturen berichtet *Mantegazza* (139). Er beobachtete, dass zwischen +45 und +50 °C die Bewegungsfähigkeit der Spermien aufhört. Dagegen wurde einmaliges Abkühlen auf -170 °C von den Spermien überlebt. Nach *Dätwyler* (23) beginnen die Spermien bei + 45 °C abzusterben, bei + 55 °C tritt sofortiger Tod ein. Bei 0 °C oder Tiefer erhält sich die Bewegungsfähigkeit sehr lange, Auch *Davenport* (24) stellte die überraschende Resistenz menschlicher Spermien gegen stark erniedrigte Temperaturen fest. *Jahnel* (76) setzte menschliche Spermien einer Temperatur von - 269,5 °C aus und konnte nach Wiedererwärmung noch drei Stunden Bewegung beobachten. *Luyet und Hodapp* (130) unterkühlten Froschsperma mit flüssiger Luft. Sie berichten dass wesentlich für ein Gelingen der Wiederbelebung ein rasches Einfrieren und rasches Auftauen sei. *Shettles* (203) beobachtete das Verhalten menschlicher Spermien nach Einwirkung tiefer Temperaturen von: - 79 °C, -196 °C und - 269,5 °C über Zeiträume von 5 Minuten, 30 Tage und 70 Tage. Er stellte fest, dass die Tiefe der Temperatur ohne Einfluss auf die Ergebnisse seiner Versuche war, dagegen die Zeit der Einwirkung der Kälte und das Alter der Spermproben. Je weniger frisch dieselben waren, desto mehr wurden die Spermien durch die tiefen Temperaturen geschädigt.

Auch schon Temperaturschwankungen innerhalb engerer Grenzen, etwa zwischen 0 und 40 °C , haben erhebliche Wirkung auf Intensität und Dauer der Bewegung, also auch auf den Stoffwechsel der Spermien. Von ganz besonderem Einfluss ist die Einhaltung einer optimalen Temperatur bei der Überlebenderhaltung oder Konservierung von Sperma. Allein das bei höherer Temperatur rasch einsetzende Bakterienwachstum zwingt schon zur Benutzung niederer Temperaturen (*Roemmele* 177). Bei Körpertemperatur stellen

außerdem die Spermien nach verhältnismäßig kurzer Zeit ihre Bewegung ein. Nach *Milovanov* (145) sind die Ursachen des Bewegungsverlustes in einer Erschöpfung der Ernährungstoffe und in einer Intoxikation durch Stoffwechselprodukte zu suchen. Bei niedrigeren Temperaturen hält die Bewegungsfähigkeit der Spermien erheblich länger an. Das Sperma des Schafes ist bei Körpertemperatur 2 bis 3 Stunden, bei 15 °C 1 Tag, bei 10 °C 2 bis 3 Tage und bei 0 °C bis 1 Monat lebensfähig (*Milovanov* (145)). *Schöttle* (195) gibt die durchschnittliche Bewegungsdauer der Schafspermien wie folgt an: bei Körpertemperatur 9 Stunden, bei Zimmertemperatur 48 Stunden, bei 6 bis 10 °C 9 ½ Tage und bei 0 °C 14 Tage. Nach *Götze* (52) bleiben Rinderspermien bei Zimmertemperatur 24 bis 48 Stunden, bei 8 bis 10 °C 48 bis 96 Stunden, und bei vorsichtiger noch stärkerer Abkühlung auf 4 bis 6 °C bis zu 3 Wochen bewegungsfähig. *Belonoschkin* (7) hat Spermien aus dem Nebenhoden des Meerschweinchens bei 2 bis 3 °C bis zu 15 Tage lebend erhalten. Menschliche Spermien bleiben bei 37 °C 15 bis 18 Stunden, bei 20 °C 40 bis 72 Stunden beweglich (*Belonoschkin* 8). *Joel* (80) erreichte Zeiten von 65 bis 80 Stunden bei unter 18 °C aufbewahrten Spermien.

Milovanov (144) und *Götze* (52) betonen die Notwendigkeit, das Sperma langsam und stufenweise abzukühlen. Zu rasches Abkühlen schädigt die Spermien (Temperaturschock). Auch zu tiefes Abkühlen wirkt sich schädlich aus. *Roemmele* (177) nimmt auf Grund seiner Beobachtungen an, dass 4 bis 6 °C die untere Grenze bilden, bei denen sich die Lebensfähigkeit des Samens verhältnismäßig lange erhält. Temperaturen von 0 bis 4 °C töten zwar nicht die Spermien, schädigen sie aber (*Roemmele* 177; *Weber* 236). Temperaturen unter 0 °C ebenso wie solche über +40 °C sind nach *Küst* (110) schädlich für das Sperma.

Bezüglich der Temperaturen um 0 °C sei noch auf die Beobachtungen von *Swyer* (216) verwiesen, der festgestellt hat, dass niedrigere Temperaturen das Entweichen der für die Befruchtung wichtigen Hyaluronidase aus den Spermien begünstigen. Ein 24 Stunden bei 0 °C aufbewahrtes Sperma dürfte demnach auf jeden Fall nicht mehr vollwertig sein.

Belonoschkin (8) hat Temperaturen von 2 bis 4 °C als optimal für die Lebenserhaltung von Bullen- und Menschenspermien befunden. Diese Temperaturen liegen unter der von *Roemmele* (177) angegebenen Temperaturgrenze von +4 °C. *Stiasny* (210) prüfte mit seinem Mitarbeiter *Fix* den Einfluss der Temperatur auf die Lebensdauer der Spermien. Sie bewahrten Sperma aus den Samenleiterampullen geschlachteter Bullen bei 17 bis 18 °C und bei 37 °C auf. Sie entnahmen Proben dieses aufbewahrten Spermas und beobachteten, dass die Bewegungsdauer der bei tieferen Temperaturen aufbewahrten Spermien länger war, diese also noch eine größere latente Beweglichkeit hatten als die bei Körpertemperatur aufbewahrten.

Mit der lebensverlängernden Wirkung tieferer Temperaturen auf die Spermien steht auch die Verlagerung der Hoden nach außerhalb der Leibeshöhle bei den meisten Säugetieren in Zusammenhang. Der biologische Zweck dieses Zustandes ist offenbar, dass die Spermien während ihrer Bildung und

Lagerung nicht den hohen Temperaturen ausgesetzt sind, die im Körperinnern herrschen. Das Skrotum, der Hodensack, wirkt in diesem Sinne vermittels seiner Muskelfasern als Wärmeregulator, bei Kälte ziehen sich diese zusammen und die Hoden werden fest an den Körper gedrückt, bei überhitztem Körper erschlaffen diese Muskelfasern (*Moore* 150). Zwischen dem Innern des Skrotums und der Bauchhöhle wies *Roemmele* (177) Temperaturunterschiede von 6 bis 10 °C bei 4 bis 8 °C Außentemperatur nach. *Roemmele* zitiert Untersuchungen von *v.Lanz*, der feststellte, dass bei Meerschweinchen und Kaninchen, die im Thermostat bei 37 °C gehalten wurden, die Hoden und Nebenhoden degenerieren. Nach operativer Verlagerung in die Bauchhöhle oder nach Wärmeisolierung des Skrotums degenerieren die Hoden und Nebenhoden ebenfalls (*Moore* 148). *Van Oordt und van der Heydt* (227) verpflanzten die Hoden von Meerschweinchen und Kaninchen in die Bauchhöhle und fanden Beziehungen zwischen der Zeit, die sich die Hoden in der Bauchhöhle befunden hatten und dem Grad der Degeneration. *Moore* (149) behandelte Meerschweinchenhoden durch Baden in heißem Wasser und stellte Degeneration der Hodenepithelien fest. Unverändert blieben hierbei die Spermatogonien, die Leydig- und Sertolizellen. Auch *Stiasny* (210) stellte bei der Untersuchung von Kryptorchiden (Bullen, Ebern) ähnliche degenerative Veränderungen fest. Die Spermatogonien, die stets erhalten waren, hält er für sehr resistent gegen Temperatureinflüsse.

c. Osmotischer Druck

Über den durchschnittlichen osmotischen Druck bzw. die Gefrierpunktserniedrigung des Ejakulatspermas ist bereits berichtet worden. *Gellhorn* (43) beobachtete Meerschweinchenspermien in Lösungen von verschiedenen hohem osmotischem Druck und stellte fest, dass sie eine Verminderung desselben um ein Drittel ohne weiteres vertragen. *Galeotti* (40) ermittelte für Spermien verschiedener Tiere die Grenzen der maximalen osmotischen Druckschwankungen, bei welchen ihr Leben noch erhalten bleibt. Er fand, dass diese Grenzen für jede Tierart verschieden sind. Die Spermien der Säuger und der Vögel, die eine innere Begattung haben, zeigen sich im Gegensatz zu den Spermien von Tieren mit äußerer Begattung (Fische) gegen eine Veränderung des osmotischen Druckes sehr empfindlich. *Roemmele* (177) konnte bei Spermaproben von Bullen Schwankungen der Gefrierpunktserniedrigung von - 0,52 bis - 1,3 °C beobachten, Er berichtet dasss die Spermien gewöhnlich schon eine Gefrierpunktserniedrigung von - 0,8 °C sehr schlecht ertragen. Als maximale Resistenzbreite gegen Verschiebung des osmotischen Drucks hat *Roemmele* für Bullensperma den Bereich von 0,5 bis 1,5 % iger NaCl oder von 3,0 bis 10 % iger Glukose ermittelt. *Burki* (16) hat aus Versehen Sperma mit einer 1,8 % igen NaCl-Lösung verdünnt und trotzdem damit in mehreren Fällen Trächtigkeit erzielt. Schwach hypotonische Lösungen wie 0,7 wie 0,7 % NaCl werden nach *Roemmele* ganz gut vertragen, besser als schwach hypertotonische. Nach *Joel* (79) werden hypotonische Lösungen schlecht vertragen, dagegen hypertotonische oft besser als isotonische. Es scheint indessen, als

ob eine isolierte Betrachtung des osmotischen Drucks ohne Berücksichtigung anderer Faktoren zu keinem Resultat führt. Wesentlich erscheint vielmehr die Mitberücksichtigung des pH-Wertes und vor allem der Träger des osmotischen Druckes. *Dätwyler* (23) bemerkte, dass alkalische Lösungen geringerer Konzentration günstiger als solche von dem osmotischen Druck der 0,9 % igen NaCl-Lösung auf die Bewegung der Spermien wirken. Bei Versuchen mit Säuren und Alkalien konnte er ein deutliches Optimum der Konzentration feststellen. *Yamane* (244) berichtet, dass Pferdespermien länger in hypotonischen Salzlösungen als in isotonischen oder stärker konzentrierten leben, während sie in isotonischer Glukoselösung länger als in hypo- oder hypertotonischer Glukoselösung beweglich bleiben. *Roemmele* (177) führt einen Fall an, wo er eine Gefrierpunktniedrigung des Spermas von $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, verhältnismäßig geringem NaCl-Gehalt und hohem pH-Wert von $=8,2$ ermittelte. Die Spermien waren sehr lebhaft beweglich, aber nur für die Dauer von $3\frac{1}{2}$ Stunden. An anderer Stelle bemerkt er, dass die H oder OH-Gruppe wesentlich die Wirkung der dissoziierten und nicht dissoziierten Stoffe beeinflusst. Die steigende Hydroxylionenkonzentration verstärkte noch den Einfluss der günstig wirkenden Salze ebenso wie den der ungünstig wirkenden. Beim Zusammenwirken von Basen und Salzen im Sperma besteht also keine antagonistische sondern eine additive Wirkung (*Roemmele* 177). *Pojorkov zitiert nach Milowanow* (145) stellt die Forderung auf, dass, um eine lange Überlebensdauer zu erreichen, je niedriger der Salzgehalt desto niedriger auch der pH-Wert des Spermas sein solle und je niedriger der pH-Wert, desto niedriger der Salzgehalt. Nach *Joel* (79) wird Natronlauge in isotoner Lösung von menschlichen Spermien recht gut vertragen, jedoch nicht wesentlich besser als viele Säuren in hypertoner Lösung. Dagegen wird die Natronlauge bei Hypertonie unverträglich. Säuren hemmen die Motilität der Spermien bei Isotonie sofort, werden jedoch in hypertoner Lösung sehr gut vertragen.

Emmens (32) stellte eingehende Untersuchungen über die Wirkung des osmotischen Druckes auf Kaninchenspermien an und suchte eine Beziehung zu finden zwischen dem osmotischen Druck, Salzkonzentration, Wasserstoffionenkonzentration und der Motilität der Spermien. Er ging dabei von einer 2 % igen Glukoselösung aus, die mit NaCl isotonisch gemacht worden war. Die Verschiebung der Salzkonzentration erreichte er durch teilweisen Ersatz des Zuckers durch Kochsalz oder umgekehrt. Hyper- und Hypotonie wurden durch: 1. Änderung der Zuckerkonzentration und 2. Änderung der Salzkonzentration bewirkt. Im sauren pH-Bereich ($5,8$ bis $6,6$) waren die Spermien empfindlicher gegen Hypotonie als gegen Hypertonie. Im Bereich $\text{pH} = 7,0$ bis $8,7$ erwiesen sich die isotonischen Lösungen als am günstigsten für die Motilität der Spermien. Der Ersatz des Natriumchlorids durch Glukose bewirkte eine Verminderung der Intensität und eine Verlängerung der Dauer der Bewegung der Spermien. Im pH-Bereich $9,6$ bis $9,8$ ist Hypertonie schädlicher als Hypotonie, die sogar unter gewissen Bedingungen günstig auf die Motilität wirkt. Im isotonen Medium aber nicht unter hypo- oder hypertonen Bedingungen, wirkt der teilweise Ersatz des NaCl durch Zucker günstig auf die Beweg-

lichkeit. Der günstige Einfluss der Hypotonie äußert sich nur, wenn er durch eine Verminderung des Natriumchloridgehalts, und nicht wenn er durch eine Verminderung des Glukosegehalts verursacht wird. Die Spermien werden demnach in alkalischen Lösungen besonders ungünstig durch das Natriumchlorid beeinflusst, und die günstige Wirkung der Hypotonie wird in einer Verminderung des NaCl-Gehalts erblickt.

d. Wasserstoffionenkonzentration

Schon in früheren Abschnitten wurde besprochen, dass starke Verschiebungen des pH-Wertes zur sauren oder alkalischen Seite eine Schädigung der Spermien verursachen. Schwach saure Reaktion wirkt nach *Roemmele* (177) hemmend auf die Bewegung, während eine Verschiebung der Reaktion zum alkalischen Bereich eine Herabsetzung der Lebensdauer der Spermien zur Folge hat. Innerhalb gewisser Grenzen verschiebt sich, wie schon zu Anfang meiner Ausführungen erwähnt, der pH-Wert des Ejakulats durch Anhäufung saurer Stoffwechselprodukte. Einzelne Autoren sehen darin die Ursache der physiologischen Hemmung der Spermienbewegung im Nebenhoden (Vgl. Abschnitt: Bewegungshemmung im Nebenhoden). *Windstoßer* (240) untersuchte die Wirkung verschiedener Phosphatpuffer vom pH = 6.1 bis 8,0 auf Spermien aus dem Nebenhoden von Stier, Ratte und Meerschweinchen. Gut beweglich waren während der ersten Stunde die Spermien bei pH = 8,0, mäßig beweglich bis zum Ende der dritten Stunde diejenigen bei pH = 6.7 bis 7,5. Nach *Joel und Tschumi* (81) verkürzt saure Reaktion die Bewegungsdauer menschlicher Spermien, während alkalische Reaktion die Agglutination der Spermien begünstigt. Auch *Emmens* (32) stellte die bewegungsdauerverkürzenden Wirkung des sauren Mediums gegenüber dem alkalischen bei Versuchen an Kaninchenspermien fest.

Joel (79) hat beobachtet, dass sich die Spermien in menschlichen Ejakulaten nicht alle gleich gegen Verschiebung der Reaktion verhalten. Man kann indifferente, azidophile und alkaliphile Spermien unterscheiden. Er weist auf die Möglichkeit hin, dass diese Unterschiede einen Anhalt zur geschlechtlichen Differenzierung der Spermien bieten könnten.

Von besonderer Bedeutung ist die Einhaltung einer für die Spermien optimalen Wasserstoffionenkonzentration bei der Verdünnung des Spermas bzw. der Aufschwemmung der Spermien in künstlichen Medien. Man benutzt hierzu meist gepufferte Lösungen, die auf einen bestimmtem pH-Wert eingestellt sind. *Yamane und Kato* (248) benutzten bei Befruchtungsversuchen mit Nebenhodenspermien vom Kaninchen eine Glukose-Phosphatpufferlösung vom pH = 7,2. *Baker* (3) hat zum Überlebenshalten von Nebenhoden-Spermien eine Glukose-Phosphatpufferlösung vom pH = 7,4 entwickelt und diese später durch Änderung der Zusammensetzung auf einen pH = 8,1 eingestellt. *Milowanow* (145) empfiehlt zur Verdünnung des Spermas bei der künstlichen Besamung eine auf pH = 7,7 eingestellte Glukose-Phosphatpufferlösung. Diese Lösung wurde später durch *Rosenberger und Kantscheff* (181) durch Änderung

des Verhältnisses des primären zum sekundären Phosphat geändert und auf einen pH-Wert von 7,2 eingestellt.

e. Wirkung von Trauma, Gravitation und Röntgenstrahlen

Gegen die Einwirkung mechanischer Insulte scheinen die Spermien verhältnismäßig widerstandsfähig zu sein. Nach *Stiasny* (210) kommt dies vornehmlich den Spermien des Menschen zu, während die der Tiere erheblich weniger resistent sind. Nach *Roemmele* (177) vertragen die Spermien des Bullen das Zentrifugieren sehr gut. Auch *Winberg* (239) berichtet, dass die Spermien des Hahns das Waschen auf der Zentrifuge ohne Schädigung der Bewegungsfähigkeit überstanden haben. Auch bei vielen anderen zitierten Stoffwechselfersuchen wurden die Spermien durch Zentrifugieren von ihrem natürlichen Medium getrennt, ohne dass über irgendwelche wahrnehmbare Schädigungen durch diese Prozedur berichtet wurde. *Pezzola u. Rossi* (161) haben mit zentrifugiertem Sperma von Einhufern sehr gute Überlebenszeiten erzielt. Über die Befruchtungsfähigkeit zentrifugierten Spermias fand ich keine Berichte .

Zerstreutes Licht ist nach *Schöttle* (195) und *Küst* (110) unschädlich für die Spermien, während sie in direktem Sonnenlicht rasch absterben. *Burki* (16) berichtet, dass er durch Vergleichsversuche die Schädlichkeit auch des zerstreuten Lichtes festgestellt habe, und bewahrt das Sperma zum Zwecke der Konservierung im Dunkeln auf. Auf menschliche Spermien wirkt Licht nach *Joel* (81) leicht verkürzend auf die Lebensdauer.

Röntgenstrahlen wirken anfangs aktivierend auf die Beweglichkeit der Spermien, bei wiederholter Einwirkung setzen sie die Beweglichkeit und die Lebensdauer der Spermien herab (*Roemmele* 177)

Eine Schädigung der Befruchtungsfähigkeit der Spermien durch Röntgenstrahlen findet nicht statt, jedoch bewirken bereits geringe Dosen eine Störung der frühen Embryonalentwicklung. Es wurden bis zu sechs durch Abspaltung von Chromosomen entstandene Nebenkerne beobachtet. Die Wurfgröße der weiblichen Tiere, die mit röntgenbestrahltem Samen befruchtet wurden, ist somit herabgesetzt (*Hertwig* 71).

f. Wirkung verschiedener Ionenarten

1. Kationen

Hirokawa (72) untersuchte die Wirkung verschiedener Salzlösungen auf darin suspendierte Spermien. Er stellte fest, dass im Gegensatz zu den Verhältnissen beim Muskel eine reine Kaliumchloridlösung ebenso gut befähigt sei die Spermienbewegung zu unterhalten, wie eine Natriumchloridlösung. In durch Natriumchloridlösung stark verdünnter Suspension stellen die Spermien ihre Bewegung ein. Das für Muskeln ganz indifferente Lithiumchlorid wirkt excessiv giftig auf die Spermien, und zwar weit giftiger als das Bariumchlorid. *Dätwyler* (23) bestätigt die Giftigkeit des Lithiums und stellt folgende Reihe von Kationen auf (vom günstigsten bis zum giftigsten): Na – Ca – Mg – Li .

Roemmele (177) untersuchte eingehend die Wirkung der Ionen auf die Motilität der Spermien nach verschieden langer Einwirkungszeit und stellt folgende Reihen auf:

1.) nach 30 bis 60 Minuten langer Einwirkung:

+ Na – K – Sr – Mg – Rb – Cs – NH₄ – Ba – Ca – Li – Al – Fe - .

2.) nach 4 Stunden langer Einwirkung:

+ Sr – Na – K – Mg – Ba – Rb – Cs – NH₄ – Ca – Li – Al – Fe - .

3.) nach 6 Stunden langer Einwirkung:

Gleiche Reihenfolge wie nach 4 Stunden.

Bemerkenswert ist, dass das Strontium bei der 2. und 3. Kontrolle an die erste Stelle rückt, also eine geringe Initialmotilität und länger anhaltende Beweglichkeit verursacht. *Gellhorn* (43) untersuchte die Wirkung verschiedener Kationen auf Meerschweinchenspermien und kam zu folgendem Ergebnis:

Alkalimetalle: + K – Rb – Na – NH₄ – Cs – Li - .

Erdalkalimetalle: + Mg – Ca – Ba – Sr - - .

Die Beobachtungen *Gellhorns* erscheinen somit hinsichtlich des Sr – ions denen *Roemmes* zu widersprechen, möglicherweise bestehen artspezifische Unterschiede zwischen den Spermien vom Meerschweinchen und denen vom Bullen. Nach *Roemmele* regt das Strontium die Bewegung der Spermien etwas weniger an als das Natrium, sie bewegen sich in einer isotonischen Strontiumlösung aber länger als in allen anderen Salzlösungen. Weitere entsprechende Beobachtungen über die Wirkung des Strontium-Ions auf die Spermien konnte ich nirgends in der Literatur finden. Nach *Roemmele* tritt der charakteristische Einfluss der Salze besonders gegen Ende der Spermienbewegung in Erscheinung. So geht die regelmäßige Bewegung bei isotonischer Na, K, Cs, Rb und Li-Lösung gegen Ende in eine krampfhaft zuckende Bewegung über, daneben tritt bei Verdünnung des Nebenhodensekrets mit diesen Lösungen nach einiger Zeit eine Agglutination auf. Das Strontium unterhält die Bewegung der Spermien sehr lange und veranlasst sie zu einer suchenden und schlängelnden Bewegung. Die meisten Spermien beschreiben in dieser Lösung eine Achtertour. Das Calcium wirkt nach *Roemmele* (177) auf die Bullenspermien sehr schlecht. Es tritt bald eine Agglutination ein, worauf die Spermien ihre Bewegung einstellen. Selbst die geringsten Spuren in den üblichen äquilibrierten Lösungen lassen deutlich den schädlichen Einfluss des Calcium-Ions erkennen (*Roemmele* 177). *Hirokawa* (72) beschreibt allerdings eine Lösung zur Wiederbelebung von Rattenspermien, die gegenüber Ringerlösung einen erhöhten Calcium-Gehalt aufweist. Das Barium-Ion wirkt dagegen relativ günstig (*Roemmele* 177; *Gellhorn* 43), doch scheint dies nicht für Kaltblüter zuzutreffen (*Gellhorn* 43; *Scheuring* 190).

Joel (79) beschreibt den günstigen Einfluss des Magnesium-Ions auf Motilitätsgrad und –dauer der menschlichen Spermien. Er widerspricht den Angaben *Hirokawas* (72), dass Alkalien einen günstigen Einfluss haben. Besonders Kalilauge ist nach seinen Versuchsergebnissen bereits in einer Verdünnung 1 : 10 000 außerordentlich giftig für die Spermien. Überhaupt kommt

dem Kalium neben Rubidium die stärkste und rascheste spermatozide Wirkung zu.

Zwischen Kalium und Natrium, Chlor und Jod besteht ein Ionenantagonismus, Chlor und Brom können durch Natrium entgiftet werden, Jod jedoch nicht. Kaliumchlorid bewirkt die Bildung von Ring- und Ösenformen der Spermien. Salze von Schwermetallen und alkalischen Erden bewirken Zusammenballung und Netzbildung, Laugen bewirken Aufquellung der Spermien.

2. Anionen

Nach *Dätwyler* (23) sind SO_4 , Cl und Br-Ionen günstig, CN, CNS und F giftig für die Spermien. *Roemmele* (177) stellte folgende Reihe auf: $+\text{HCO}_3 - \text{SO}_3 - \text{HPO}_3 - \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_3$ (Acetat) $- \text{SO}_3 - \text{NO}_3 - \text{BO}_3 - \text{CO}_3 - \text{J} - \text{F}$ - Das Chloranion wirkt nach *Milowanow* toxisch auf die Spermien. Der Zusatz von Zitrat hat nach *Scherstén* (189) einen günstigen Einfluss auf Bewegungsgrad und -dauer der Spermien. Die günstige Wirkung des Zervix-Sekrets auf die Lebensdauer der Spermien ist nach ihm durch den erhöhten Gehalt an Zitrat zu erklären. Die günstige Wirkung des Zitrats beruhe auf seiner Fähigkeit, Calcium in Lösung zu erhalten (*Scherstén* 189).

Die von *Rommele*, *Dätwyler* und anderen gemachten Versuche über Ionenwirkung lassen sich nicht ohne weiters zur Entwicklung einer für Verdünnung oder Konservierung von Sperma geeigneten Lösung verwenden, da diese Versuche mit reinen Salzlösungen gemacht wurden. Bei einer für solche Zwecke gedachten Lösung wird sich eine einseitige Verschiebung des Ionenungleichgewichts immer ungünstig auswirken. Nach *Dätwyler* (23) brauchen die Spermien zur Aufrechterhaltung der Bewegung Neutralsalze in ihrer Umgebung. Sie sind imstande, sich in gewissen reinen Salzlösungen, z.B. in Natriumchloridlösung zu bewegen. Günstiger sind jedoch Gemische von Neutralsalzen mit einer gewissen optimalen Wasserstoffionenkonzentration.

L . V E R D Ü N N U N G S L Ö S U N G E N

Die von *Baker* (3), *Milowanow* (145) und anderen angegebenen Verdünnungslösungen für Nebenhodenspermien und Ejakulate wurden auf Grund von praktischen Erfahrungen bei der Samenübertragung und -konservierung weiterentwickelt und vervollkommnet. Besonders bewährt hat sich bis heute der Zusatz von Citraten und Phosphaten zu diesen Lösungen. (*Löhner* 127).

Roemmele (177) empfiehlt als geeignetes Verdünnungsmittel für Bullensperma:

NaCl 0,95 NaHCO₃ 0,1 NaH₂PO₄ 0,005 dazu wahrscheinlich Wasser ad 100,0; Angabe fehlt.

Baker (3) beschreibt zwei gepufferte Glukose-Salzlösungen:

1. KH₂PO₄ 0,03 Na₂HPO₄ 0,6 NaCl 0,2 Glukose 3,0 Aq.dest. ad 100,0
Diese Lösung ist gepuffert auf pH = 7,4 . Später gibt er eine solche vom pH = 8,1 an, die er für vorteilhafter hält. Diese hat folgende Zusammensetzung:

2. Na₂HPO₄ 0,6 KH₂PO₄ 0,01 NaCl 0,2 Glukose 3,0 Aq.dest. ad 100,0
Baker berichtet, dass diese von ihm entwickelten Lösungen vor allem bei der Herstellung von Suspensionen von Nebenhodenspermien der physiologischen NaCl- und der Ringer-Lösung überlegen seien. Noch nach 5 ½ Stunden waren in Bakerlösung aufgeschwemmte Spermien sehr aktiv, während in Ringerlösung nur noch schwache Bewegung einzelner Spermien erkennbar war. Nach 9 ½ Stunden waren noch 50 % der in Bakerlösung befindlichen Spermien beweglich. Diese Versuche wurden bei Körpertemperatur gemacht. Die Verwendung von Acetat oder Citrat anstelle des Phosphats hat sich nach *Baker* nicht bewährt. Der Ersatz der Glukose durch Rohrzucker ergab nur geringe Differenzen. Bei der Verwendung von Ejakulatspermien anstelle der Nebenhodenspermien bietet die Bakerlösung keinen Vorteil vor der Ringerlösung (*Baker 3*).

Zu Befruchtungsversuchen mit Spermien aus dem Nebenhoden des Kaninchens benutzten *Yamane und Kato* (248) eine Lösung, die 4 % Glukose und ein Gemisch aus n/10 sekundärem und primärem Natriumphosphat vom pH = 7,2 enthält.

Milowanow (145) gibt zur Verdünnung des Spermas bei der Besamung eine Glukose-Phosphatpufferlösung vom pH = 7,7 an, die sich von der Baker'schen vor allem dadurch unterscheidet, dass bei ihr das NaCl durch Na₂SO₄ ersetzt ist:

Na ₂ HPO ₄	: 12 H ₂ O	1,7
KH ₂ PO ₄		0,07
Na ₂ SO ₄		0,08
Glukose		2,85
Aq.dest.ad		100,0

Durch Veränderung des pH-Wertes von 7,7 auf 7,2 wurde von *Rosenberger u.Kantscheff* (181) die heute bekannte Glukose-Phosphatpufferlösung geschaffen.

Außerdem werden noch Glukosesulfat- und Glukosetartrat-Verdüner empfohlen (*Sokolowsky 208*):

<u>Glukose-Sulfat-Verdüner:</u>		<u>Glukose-Tartrat-Verdüner:</u>	
Glukose wasserfrei	1,2	Glukose wasserfrei	1,2
Na ₂ SO ₄	1,36	Seignettesalz	2,72
Pepton	0,5	Pepton	0,5
Aq.dest. ad	100,0	Aq.dest. ad	100,0

Pezzola und Rossi (161) bewahrten zentrifugiertes Pferde- und Eselsperma in Lösungen auf deren Zusammensetzung sie wie folgt angeben:

1. Glukose wasserfrei	11,5	2. Glukose wasserfrei	11,52
Na-K-tartrat	1,34	Na-Sulfat	0,68
Pepton	0,4	Pepton	0,4
Aq.dest. ad	200,0	Aq.dest. ad	200,0

Sie konnten noch nach 50 Stunden gute Beweglichkeit der Spermien beobachten und noch nach 114 Stunden bewegliche Spermien beobachten. Über praktische Besamungserfolge berichten sie allerdings nicht.

Die Berichte über den Einfluss von rein salinischen Verdünnern mit und ohne Zuckerzusatz lauten übereinstimmend dahin, dass sie eine Verlängerung der Lebensdauer und Bewegungsdauer der Spermien nicht bewirken. *Schöttle* (195) berichtet, dass NaCl-Lösungen, Tyrodelösungen und Ringerlösungen ein ungünstiges Medium für die Spermien des Schafes darstellen. Sie beschleunigen die Bewegung, vermögen sie aber nicht lange zu erhalten. Auch führen sie zu Agglutinationserscheinungen (Verkleben der Köpfe mehrerer Spermien. Bei Verwendung des Glukose-Phosphatverdünners beobachtete *Schöttle* (196) in den ersten 2 bis 3 Tagen eine starke Intensität der Bewegung, die dann plötzlich abflaute.

Burki (16) erprobte physiologische NaCl-Lösung, Glukose-Sulfatverdünner, sowie eine physiologische Natriumchlorid-Lösung plus 0,05 % NaHCO₃, wie sie in Russland zur Spülung der Besamungsinstrumente verwandt wird. Bei der Verdünnung von unverdünnt aufbewahrtm Sperma konnte er mit allen drei Flüssigkeiten eine bedeutende Steigerung der Bewegungsintensität der Spermien erzielen. Wesentliche Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Lösungen konnte er hierbei nicht feststellen. Bei zum Aufbewahren bestimmten Verdünnungsversuchen bewährte sich am besten der Glukose-Sulfat-Verdünner, bei dem in den ersten drei, manchmal auch mehr Tagen die Spermien eine der Zahl der beweglichen Zellen und der Intensität nach stärkere Beweglichkeit aufwiesen. Danach stellten die Spermien ziemlich rasch die Bewegung ein. Die durchschnittliche Bewegungsdauer betrug 111 Stunden. Etwas längere Beweglichkeit konnte er bei NaCl-Lösung feststellen: im Mittel 134 Stunden. Dennoch war diese bei der Temperatur von 7 bis 13 °C, unter welcher *Burki* die Proben aufbewahrte, zum Konservieren ungeeignet. Beim Sulfatverdünner waren nach zwei Tagen $\frac{1}{4}$ der Spermien, bei der physiologischen NaCl-Lösung die Hälfte unbeweglich. Es scheint, als ob ein bestimmter Teil der Spermien gegen diese Lösung bei längerem Aufbewahren besonders empfindlich sei. Beim noch beweglichen Rest nahm dann der Beweglichkeitsgrad weniger rasch ab als beim Sulfatverdünner, sodass ein kleiner Prozentsatz der Spermien noch tagelang eine mittelmäßige Beweglichkeit zeigte.

Burki(16) folgert daraus, dass die NaCl-Lösung gegenüber dem Sulfatverdünner wesentlich reizauslösender wirkt, so dass schon nach kurzer Zeit erhöhter Intensität ein großer Teil der Spermien seine Beweglichkeit eingebüßt hat. Sie eignet sich deshalb nicht zur Spermakonservierung. Noch ungünstiger erwies sich die NaCl-Lösung mit Zusatz von Natriumbicarbonat. *Burki* führt dies auf die Alkaleszenz der Lösung zurück. Er ist der Ansicht, dass es zur Zeit keine Lösung gebe, die zur Konservierung des Samens geeignet sei und dass das Sperma am besten unverdünnt aufbewahrt werde. Auch *Hoelzer* (74) berichtet, dass unverdünntes Sperma längere Lebensdauer als das mit Glukose-Phosphat-Lösung verdünnte aufweise.

Infolge dieser ungünstigen Wirkung auf die Dauer der Beweglichkeit der Spermien sind die rein salinischen Verdünnungsmittel somit nicht geeignet, die Überlebensfähigkeit der Spermien zu unterstützen. Auf der Suche nach hierfür besser geeigneten Medien hat man auch die Wirkung organischer Zusätze erprobt. *Roemmele* (177) berichtet, dass er mitunter gute Erfolge beim Verdünnen des Spermas mit Milch gehabt hätte. *Weber* (236) versuchte durch Zusatz von Ascites-Flüssigkeit einer Kuh längere Lebenszeiten der Spermien zu erreichen, jedoch ohne Erfolg. Mit 20 % iger Agar-Lösung erzielte er eine Verlängerung der Lebensdauer gegenüber unverdünntem Samen bei Körpertemperatur. Er schreibt die günstige Wirkung solcher Substanzen ihrer Viskosität zu. Die zügige Bewegung im viskösen Medium entspräche eher den natürlichen Verhältnissen als das rasche Flimmern in wässrigen Lösungen.

Sörensen (207) berichtet über die Anwendung von gelatiniertem Sperma. Er hat dem Glukose-Phosphat-Verdünner 5 % Gelatine zugesetzt. Nach seinen Angaben wird die Lebensdauer der Spermien durch den Zusatz von Gelatine verlängert. Auch *Smirnow* (206) berichtet über günstige Ergebnisse mit gelatiniertem Sperma in Gelatine kapseln. Zu der günstigen Wirkung der Gelatine kommt noch der Vorteil der technisch einfachen Applikation ins weibliche Genitale. *Hoelzer* (74) konnte indessen keine Verlängerung der Lebensdauer in Verdünnern mit Gelatinezusatz beobachten. Über die günstige Wirkung des Eidotter-Phosphatpuffers und der Cebion-Glukose-Adulsion berichtet *Götze* (52). Hinsichtlich der Verlängerung der Lebensdauer hat sich nach *Götze und Rosenberger* (53) noch besser als der Zusatz von Eidotter eine 5 bis 6 % ige Glukoselösung plus 20 % inaktiviertem Hengstserum bewährt. Die Ergebnisse von *Kriisa* (108) zeigen indessen, dass die Befruchtungsfähigkeit des so verdünnten Spermas gegenüber unverdünntem bzw. mit Glukose-Sulfatverdünner verdünntem herabgesetzt ist. Diese von *Kriisa* beobachtete Verringerung der Befruchtungsfähigkeit bei Anwesenheit von Pferdeserum im Sperma beruht nach *Haas* (58) möglicherweise auf einer Schädigung der Hyaluronidase des Samens durch die im Blutserum vorhandenen spezifischen Hemmungstoffe – Anti-Invasin I. Die Wirkung der Sera folgender Tierarten gegenüber der Hyaluronidase des Bullenspermas nimmt in der Reihenfolge: Ratte – Küken – Kaninchen – Pferd – Limulus – Mensch – Kuh ab. (*Leonard u. Kurzrock* (121) zit nach *Bielig* (9)).

Nach *Löhner* (127) hat sich bis heute als Verdünner für den Bullensamen das Eigelb mit Pufferzusatz am besten bewährt. Das Eigelb wird im Verhältnis 1:1 mit der Pufferlösung vermischt. Als Pufferlösung gibt er an:

1. Citrat: 3,92 g. Na-Citrat in 100 ccm Aq.dest.

2. Phosphat: 2 g Na_2HPO_4 + 0,2 g KH_2PO_4 in 100 ccm Aq.dest.

Das Sperma kann mit dem Eigelb-Verdünner im Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 8 verdünnt werden. Beim Aufbewahren bei + 5 °C bleibt hierbei der Vitalitätsgrad des Samens 2 bis 4 Tage fast unverändert erhalten.

Hoelzer (74) berichtet über Versuche mit einer Verdünnungsflüssigkeit, die aus Glukose-Phosphatverdünner und Eidotter zu gleichen Teilen bestand. besonders am 2. und 3. Tag zeigten die hiermit verdünnten Spermproben eine

intensivere Bewegung als die unverdünnten und die mit Glukose-Phosphat verdünnten Kontrollproben. Ein deutliches Abnehmen der anfänglichen Bewegungsintensität war indessen zu bemerken. Bei Versuchen am Tierhygienischen Institut Freiburg i.Br. blieb der mit Eigelb-Citrat-Pufferlösung verdünnte Samenvielfach bis über 40 Tage lang voll beweglich. (n..Mitteilung von Herrn Professor Dr.Trautwein, Freiburg.

Tosic und Walton (220) fanden, dass Spermien vom Bullen, die in Eigelb suspendiert waren, bei Luftzutritt einen Inhibitor für ihre Atmung und Beweglichkeit bilden. Auch *Mayer und Lasley* (142) weisen auf diesen die Lebensdauer und Befruchtungsfähigkeit des Spermias beeinträchtigenden Faktor hin. Dieser Stoff wurde später von *Tosic und Walton* (221) als Wasserstoffsperoxyd identifiziert. Hierfür verantwortlich im Eigelb sind die aromatischen Aminosäuren l-Tryptophan, l-Phenylalanin und l-Tyrosin, die jede allein in dieser Weise wirksam ist (*Tosic* 219). Dieses Moment dürfte für die Befruchtungskraft von mit Eigelb verdünntem Sperma ebenso wie für die Aufbewahrung und Überlebenshaltung von großer Bedeutung sein. Auch andere natürliche Medien dürften denselben Effekt verursachen, da die drei genannten Aminosäuren weit verbreitet in tierischem Gewebe und Körperflüssigkeiten sind (*Tosic* 219). Bei der Aufbewahrung von Sperma in Eigelbverdünner ist demnach ganz besonders auf Luftabschluss zu achten. Schlechtere Ergebnisse bei der Konservierung dürften mitunter vielleicht auf ein Außerachtlassen dieses Umstandes zurückzuführen sein.

M . S E R O L O G I E D E S S P E R M A S

Im Zusammenhang mit dem Zusatz von Eiweißkörpern zum Sperma interessiert die Beantwortung der Frage, inwieweit eine serologische Beeinflussung der Spermien möglich ist. Aus den Untersuchungen von *Metschnikoff und Landsteiner zit.n.Dittler* (27) geht hervor, dass durch Vorbehandlung mit Spermatozoen von Versuchstieren ein Immuserum zu erhalten ist, das in vitro eine stark schädigende Wirkung auf Spermien, auch auf arteigene, auszuüben vermag.

Dunbar zit.n.Dittler (27) hat die serobiologische Sonderstellung der Geschlechtszellen von Pflanzen und Fischen gegenüber dem Eiweiß der übrigen Organzellen nachgewiesen. *Savini und Savini-castano* (186, 187) berichten, dass sie durch subkutane und intraperitoneale Einspritzung von Hodenextrakten bei weiblichen Kaninchen und Meerschweinchen eine Sterilisierung für die Dauer von 3 Monaten erzeugt hätten. Auch *Venema* (228) gelang auf ähnliche Weise die Sterilisierung von zwei weiblichen Kaninchen. Nach *Waldstein und Ekler* (234) ruft das bei der natürlichen Begattung vom weiblichen Tier resorbierte Sperma im Blut gegen das Hodengewebe gerichtete Ly sine hervor.

Dittler (27) gelang es, durch intravenöse Zufuhr arteigenen Spermias weibliche Kaninchen vorübergehend für eine Befruchtung unempfindlich zu machen. Er setzt sich eingehend mit den theoretischen Grundlagen dieser Erscheinung auseinander. Er schließt aus seinen Versuchsergebnissen, dass diese

absolute Befruchtungshemmung offenbar rein unter dem Einfluss der von ihm im Blut nachgewiesenen spermatotoxischen Antikörpern zustande kommt, ohne dass eine Störung im periodischen Ablauf der weiblichen Geschlechtsfunktionen, vor allem der Vorgänge der Eireifung, erkennbar zu sein braucht. Er weist jedoch auf die Möglichkeit hin, dass besonders bei langdauernder Vorbehandlung der weiblichen Tiere mit parenteral zugeführtem Sperma eine anatomische oder funktionelle Alterierung der weiblichen Genitale entstehen könne, besonders angesichts der oft starken Abnahme des Körpergewichts der Versuchstiere, die auf eine allgemeine, vielleicht auch hormonale Wirkung des zugeführten fremden Organeiweißes hinweist.

Guyer (57) hat durch parenterale Einverleibung von Kaninchensperma bei Hühnern ein für Kaninchenspermien spezifisches Antiserum erhalten und konnte damit männliche Kaninchen temporär sterilisieren. Die Wirkung des Serums konnte er an Hand der verringerten Anzahl und Beweglichkeit der Spermien, sowie der Befruchtungszahl der begatteten Weibchen feststellen. *MacCartney* (131) behandelte weibliche Ratten parenteral mit arteigenen Spermien, die in Ringerlösung suspendiert waren. Die Ursache der erzeugten Sterilität sieht er in dem Auftreten von Spermatoxinen in der Vagina und im Uterus, welche die Spermien agglutinieren und lähmen. Bei männlichen Ratten erzeugte er auf die gleiche Weise eine vorübergehende Atrophie der Hoden. *Ardelt* (2) injizierte weiblichen Kaninchen subkutan Bullenspermien. Auch er konnte eine temporäre Sterilität der behandelten Tiere feststellen, hervorgerufen durch Spermatoxine. Im Serum der behandelten Tiere gelang ihm der Nachweis der Antikörper durch Beobachtung der Agglutination und Bewegungshemmung der Spermien, sowie durch Komplementbindung. Auf Grund seiner Beobachtungen schließt er, dass im Gegensatz zur Ansicht *Dittlers* (27) die durch parenterale Zufuhr gebildeten Antikörper nicht artspezifisch seien.

Wang (235) behandelte weibliche Ratten parenteral mit arteigenen Spermien. Er konnte keine Sterilität der Versuchstiere beobachten. *Henle* (68) erhielt durch Einspritzen von Bullensperma-Auszügen in Kaninchen ein spezifisches Antiserum, das Bullenspermien agglutinierte. Sie wiesen zwei hitzelabile Antigene nach, ein kopfspezifisches und ein schwanzspezifisches Antigen. Die dadurch erhaltenen Antisera bewirkten ein Verkleben der Spermien mit den Köpfen bzw. mit den Schwänzen. Ferner wiesen sie ein gemeinsames hitzestabiles Antigen nach, das artspezifisch ist. Das Kopfantigen ist in lebenden Zellen inaktiv. Es gelangt zur Reaktion nur nach Bersten der Zelle. Bei Injektion intakter Spermien ist es unwirksam, dagegen gelangt es zur Reaktion, wenn zerstückelte Spermien den Kaninchen einverleibt werden. Versuche, durch spermienpezifisches Antiserum weibliche weiße Mäuse zu sterilisieren, misslangen (*Henle* 70). *Stiasny* (210) führt die erhöhte Konzeptionsbereitschaft von Frauen der aus dem Krieg heimkehrenden Urlauber usw. auf eine durch die jahrelange Abstinenz erloschene Spermaimmunität der Frau zurück.

Granzow (54) beobachtete den Einfluss des Blutserums von Meer-schweinchen verschiedenerlei Geschlechts und aus verschiedenen Generati-

onsphasen auf Spermien hinsichtlich der Wirkung auf die Überlebensdauer derselben. Er schreibt folgendes: „Die kürzeste Überlebensdauer fand ich im Serum männlicher vasktomierter Tiere. Im Serum des Bocks, von dem die Spermien stammten, und im Serum fremder Böcke fand sich die gleiche Überlebensdauer. Im männlichen Kastratenserum war die Lebensdauer nur wenig kürzer als im männlichen Normalserum. In allen Fällen bewegte sich die Überlebensdauer in der für Ringerlösung geltenden Durchschnittsnorm. Im Serum nicht gravider Weibchen war die mittlere Überlebensdauer der Spermien länger als bei den männlichen Normal- und Kastratenseren. Die weiblichen Kastratensera hatten demgegenüber eine verringerte mittlere Lebensdauer der darin suspendierten Spermien aufzuweisen. Die mit der Kastration verbundene relative Verkürzung der Spermien-Motilität ist ausgesprochener bei weiblichen als bei männlichen Kastratenseren. In der Gravidität fand sich eine im Verhältnis zum Serum nicht gravider Weibchen verkürzte Überlebensdauer. Dagegen bemerkt man im Puerperium eine Verlängerung derselben. Es ist anzunehmen, dass die *in vitro* im Serum der verschiedenen weiblichen Generationsphasen gefundene Differenz bezüglich der Überlebensdauer von Spermien in diesen Seren den Ausdruck einer physiologischen Schwankung der Konzeptionsbereitschaft der Tiere in den betreffenden Phasen der Sexualfunktion darstellt.“

Lotze und Schulz (129) stellten fest, dass die Bewegungsdauer der Spermien im Serum schwangerer Frauen ungefähr um die Hälfte kürzer ist als im Serum nicht gravider Frauen. Die Toxizität des Serums war im 1. und im 3. Drittel der Schwangerschaft stärker als im 2. Drittel. Bei nicht graviden Frauen war zur Zeit der Menstruation die spermatoxide Wirkung des Serums verstärkt, in der Ovulationsphase abgeschwächt. Der Versuch eines Nachweises komplementbindender Antikörper misslang.

N . L A B O R A T O R I U M S M E T H O D E N Z U R S P E R M A P R Ü F U N G

Die Beurteilung des Spermas, ob es zur Besamung geeignet ist oder nicht, geschieht im allgemeinen durch makroskopische Prüfung von Ejakulatsvolumen, Farbe und Konsistenz, sowie durch die mikroskopische Beurteilung der Zahl und Beweglichkeit der Spermien, und unter Umständen durch Kontrolle der Lebensdauer der Spermien. Daneben werden verschiedene Proben zur Bestimmung der Intensität des Stoffwechsels, die Prüfung der Resistenz der Spermien gegen die schädlichen Einflüsse starker Verdünnung und die morphologische Untersuchung des Samens hinsichtlich des Anteils pathologischer Spermienformen mit zur Beurteilung der Fertilität des Spermas herangezogen.

a. Chemische Untersuchungsmethoden

Comstock (22) hat, wie schon erwähnt, die Abnahme des Zuckergehalts der Spermien suspension als Maßstab für ihre Fertilität benutzt. *Walton und Edwards zit.n.Bönner* (12) haben die Respiration der Spermien gemessen und

gefunden, dass Sperma mit guter Fertilität eine hohe Respiration zeigt, während diese bei weniger fertilem Sperma geringer ist. Nach *Bönner* (12) sowie nach *Sörensen*(207), und nach *Klein und Saroka* (101) sind im Sperma Dehydrogenasen wirksam, die Methylenblau und Leukomethylenblau reduzieren. Durch KCN werden diese Dehydrogenasen aktiviert, durch Malon- und Malensäure gehemmt (*Sato* 185) . Auch in Gegenwart von Zucker wird die Entfärbungszeit des Methylenblau verlängert (*Lardy* 119). Die Zeit bis zum völligen Verschwinden des blauen Farbtons bei Luftabschluss dient als Maßstab der Fertilität. Eine genaue Beschreibung der Technik der Dehydrogenasebestimmung in Bullensperma findet man bei *Ineichen* (77). Durch die Einfachheit ihrer Methode erscheint diese Dehydrogenasenbestimmung durch Entfärbung des Methylenblaus für den Gebrauch in der Praxis geeignet. Es wäre aber noch interessant, festzustellen, inwieweit etwa anwesende Bakterien diese Reaktion positiv beeinflussen und somit eine Fehlerquelle bilden können.

b. Resistenzprüfung

Unter der Resistenz der Spermien verstehen wir in diesem Zusammenhang ihre Widerstandsfähigkeit gegen die schädigenden (immobilisierenden) Einflüsse einer starken Verdünnung des Spermas in isotonischen Lösungen. Die Verdünnung des Spermas darf ein gewisses Maß nicht überschreiten. Bei geringradiger Verdünnung nimmt die Beweglichkeit der Spermien zunächst zu, bei Erhöhung des Verdünnungsverhältnisses nimmt sie dann wieder ab, bis schließlich bei starker Verdünnung die Spermien ihre Bewegung einstellen (*Milowanow* 145) .Unter Verdünnung ist in diesem Zusammenhang nicht eine Verminderung der Salzkonzentration, sondern stets eine vorsichtig ausgeführte Vermischung mit isotonischen Lösungen zu verstehen.

Schon *Hirokawa* (72) beschreibt den deletären Einfluss einer starken Verdünnung mit Natriumchlorid-Lösung auf Rattenspermien. *Baker* (3) bemerkte dass es ratsam sei, bei Konservierungsversuchen die Aufschwemmung der Spermien möglichst konzentriert zu halten, in stärker verdünnten Suspensionen sterben die Spermien schnell. *Baker* (3) nimmt an, dass das Nebenhodensekret eine Substanz enthalte, welche die Lebensfähigkeit der Spermien verlängert und in stärker verdünnten Suspensionen weniger wirksam ist.

Granzow (54) stellte ebenfalls fest, dass auch vorsichtig ausgeführte und isotone Verdünnungen die vitalen Eigenschaften der Spermien rasch und unwiederbringlich vernichten. Auch er führt die Verdünnungslähmung auf die Konzentrationsverminderung einer im Nebenhoden enthaltenen und die Spermavitalität fördernden Substanz zurück. Nach *Popa* (169) verursacht eine NaCl-Lösung Veränderungen der Lipide der Spermien durch Änderung der kolloidalen Phase. Auch *Seliwanowa* (201) und *Milowanow* (145) führen das Aufhören der Spermienbewegung in NaCl- und anderen Salzlösungen auf eine Schädigung der Lipidkapsel des Spermiums zurück.. *Milowanow* (145) benutzte diese Immobilisierung der Spermien bei Verdünnung des Samens mit isotonischer NaCl-Lösung als Grundlage für einen Resistenztest zur Beurteilung des Spermas: er verdünnt 0,1 ccm Samen nach und nach unter fortwäh-

render Kontrolle der Motilität der Spermien mit 1 % iger NaCl-Lösung, bis die progressive Bewegung der Spermien erloschen ist. Das Volumen der Lösung, geteilt durch das des zugesetzten Samens (0,1 ccm) ergibt eine Zahl, die den Maßstab für die Resistenz darstellt. Nach *Milowanow* (145) schwankt die Resistenz zwischen 300 und 20 000.

Milovanov schreibt die Verdünnungslähmung einer toxischen Wirkung des Cl⁻Ions zu. *Emmens und Swyer* (34) haben indessen festgestellt, dass Cl⁻freie Medien die gleiche Wirkung zeigen. Wurden die Spermien dagegen in Paraffinum liquidum, dem etwas Gummi arabicum zugesetzt war, suspendiert, so behielten sie ihre Bewegung bei. Auch Gummi arabicum allein, Stärke, Glykogen, Eigelb, Eiklar, kristallinisches Serumeiweiß und eine Anzahl anderer Substanzen waren gleichermaßen wirksam. Andererseits waren Agar, Gelatine, Natriumsilikat und Katalase vollkommen unwirksam. Die abzentrifugierte Flüssigkeit von anderen Samenproben wurde ebenfalls für wirksam befunden, den Bewegungsverlust zu verhindern, zumal wenn diese Samenprobe vor dem Zentrifugieren eine Zeit lang gestanden hatte. Etwas weniger wirksam war Samen von vasktomierten Rammlern. Nach *Emmens und Swyer* (34) gibt es zwei Möglichkeiten der Erklärung dieser Erscheinung. Entweder verhindern die wirksamen Substanzen physikalisch das Entweichen eines intrazellulären Stoffes, vielleicht eines Enzyms, aus den Spermien, oder sie enthalten gleichsam als Verunreinigung Spuren eines chemischen Stoffes, der für ihre Wirksamkeit verantwortlich ist.

c. Pathologische Spermienformen

Auch das morphologische Spermabild wird als Kriterium für die biologischen Eigenschaften des Spermas mit herangezogen. *Williams und Savage* (237) fanden bei Stieren mit verminderter Fruchtbarkeit eine mehr oder weniger vermehrte Anzahl von anomal gestalteten Spermien. Sie nahmen an, dass diese Formabweichungen in Zusammenhang mit den schlechten Befruchtungsziffern stehen. Bei mehr als 16,6 % abnormen Spermien schließen sie auf eine Minderwertigkeit des Tieres bezüglich Befruchtungsfähigkeit. Nach *Lagerlöf* (112) kommen im Sperma von Stieren mit normalem Befruchtungsvermögen 11% bis ausnahmsweise 20 % abnorme Formen vor. *Vollmar* (229) beschreibt Missbildungen bei Spermien von Pferd und Rind, ohne sie jedoch in Beziehung zu Fertilität oder Krankheiten zu bringen. *Küst* (109) und *Feiling* (39) beschreiben vor allem abnorme Schwanzformen, *Lagerlöf* (112) Missbildungen des Kopfes. *Anderson* (1) fand im Durchschnitt bei fertilen Bullen 0,1 %, bei beschränkt fruchtbaren 13,1 % und bei sterilen 17,6 % abnorme Formen. Bei den unfruchtbaren Bullen war meist auch die Gesamtzahl der Spermien geringer.

Auch *Burki* (16) konnte bei allen Ejakulaten pathologische Spermienformen beobachten, meist betrug ihr Anteil aber nur wenige Prozent. Er beobachtete: selten Riesenspermien, etwas zahlreicher Zwergspermien und nur vereinzelt mehrköpfige und mehrschwänzige Formen. Am häufigsten fand er Schwanz-Deformitäten. Entweder war der Schwanz am Ende aufgerollt und

die Spermien unbeweglich, oder er bildete am Ende des Verbindungsstücks eine Schleife, sodass der Schwanz zum Kopf hin gelagert war. Die Spermien waren hierbei in der Regel beweglich, jedoch rückwärts. Sie wiesen bei tage- und wochenlanger Aufbewahrung die längste Lebensdauer auf. Abnorme Köpfe mit Dreieck- und Kreisform fand er weniger häufig. Wenige lose Köpfe und Schwänze fand er fast in jedem Ejakulat.

Bei einem seit Wochen stark beanspruchten Stier beobachtete *Burki* viele Spermien, deren Schwanz am Ende oder bis zum Halsstück aufgerollt war. Das Sperma war trotzdem befruchtungsfähig. Auch nach längeren Deckpausen (15 Tage und mehr) fand er häufig 10 bis 15 % atypische Spermienformen, im 2. und 3. Ejakulat meistens weniger. Dabei waren stets viele lose Köpfe und Schwänze, auch Spermien ohne Schwanzende aber mit Verbindungsstück. Diese Erscheinung führt er darauf zurück, dass bei längerem Verweilen im Nebenhoden die Spermien sich auflösen. Auch solche Spermata erwiesen sich als befruchtungsfähig.

Stiasny und Generales (211) versuchten beim Menschen Beziehungen zwischen Krankheit und Spermienformen zu finden. Bei erbkranken Männern fanden sie eine bedeutende Vermehrung der pathologischen Spermienformen von bis zu 63 Prozent. Den Beweis für einen causalen Zusammenhang zwischen diesen Erscheinungen konnten sie jedoch nicht erbringen. Bei den untersuchten Männern war der Geschlechtstrieb infolge der Krankheit häufig herabgesetzt, wodurch es zu einer Überalterung der Spermien kam, was auch ein Grund für das gehäufte Auftreten abnormer Spermien sein kann.

Stiasny (210) untersuchte das Sperma gesunder und tuberkulöser Bullen und stellte bei gesunden Tieren einen Durchschnitt von 4,2 % morphologisch veränderter Spermien fest. Bei den tuberkulösen war diese Zahl erhöht. Bei einem Fall mit Lungen-, Pleura-, Mediastinal- und Peritoneal-Tuberkulose sowie Periorchitis tuberculosa fanden sich 21,4 % abnorme Formen.

O . B E W E G L I C H K E I T U N D B E F R U C H - T U N G S - F Ä H I G K E I T

Die augenfällige Lebenserscheinung der Spermien ist die Spermienbewegung. Die Beweglichkeit der Spermien kann jedoch nicht in allen Fällen der Befruchtungsfähigkeit des Samens gleichgesetzt werden.

Burki (16) misst der Beweglichkeit der Spermien die größte Bedeutung als Symptom für ihr Befruchtungsvermögen zu. Frisches Sperma beurteilt er stets nach diesem Gesichtspunkt, aber auch bei tagelang aufbewahrten Spermiprüfungen war für ihn die Bewegungsintensität für weitere Verwendung ausschlaggebend. Er schreibt ferner, dass von verschiedenen Autoren behauptet werde, dass Bullen trotz lebhaft beweglicher Spermien steril sein könnten. Er selbst konnte diese Behauptung an frischem Sperma von sonst normalem Befund nicht bestätigen. Auch nach *Moore* (152) ist der für das Sperma unfruchtbarer Bullen charakteristische Befund, dass das Volumen des Ejakulats, die Zahl der Spermien und ihre Bewegungsintensität herabgesetzt und viele der Spermien unbeweglich sind.

Burki (16) hat indessen festgestellt, dass länger konserviertes Sperma trotz guter Beweglichkeit der Spermien häufig nicht mehr befruchtungsfähig ist. Hiermit stimmen die Berichte von *Hermann u. Ragsdale* (70), *Bonadonna* (11), *Götze* (50) und anderer überein.

Sack und Amersbach (184) betonen die Unzulänglichkeit des Verfahrens, das Sperma auf seine Befruchtungsfähigkeit nur nach Zahl und Beweglichkeit der Spermien zu beurteilen. Das sei ausreichend für eine negative, aber ungenügend für eine positive Beurteilung hinsichtlich der Fruchtbarkeit. Sie weisen darauf hin, dass die Bewegung der Spermiengeißel autonom ist und auch bei bereits erloschener germinativer Fähigkeit des Samens noch bestehen könne. So können z.B. die Fortsätze abgestorbener Flimmerzellen noch flimmern, abgetrennte Cercarienschwänze von *Distomum Hepaticum* und andere Geißeln sich noch alleine bewegen.

Joel (79) hingegen ist der Ansicht, dass das Einstellen der Bewegung kein Beweis für ein Absterben der Spermien sei. Er schreibt: „theoretisch wirft sich die Frage auf, ob die Befruchtungsfähigkeit vor der Beweglichkeit aufhört oder nicht. Zahlreiche Versuche verschiedener Forscher wollen uns davon überzeugen, dass die Spermatozoen nicht aktiv in die inneren Geschlechtsorgane der Frau gelangen, sondern durch die Kontraktion der Muskulatur und die Saugwirkung der Tuben beim Orgasmus. Unter Voraussetzung der Eupareunie gelangen demnach bewegliche und unbewegliche Samenfäden direkt zum Ei. Wohl besteht die Möglichkeit, dass akinetische Samenfäden in diesem Milieu wiederbelebt werden, doch besteht theoretisch auch die Möglichkeit, dass die Eizelle durch akinetische Samenzellen befruchtet wird. Die Eizelle stellt dank ihrer Fermente durchaus kein passives Objekt dar, sondern beteiligt sich aktiv an dem Kopulationsvorgang. Es ist wahrscheinlich, dass die Fertilität an die Vitalität der Spermatozoen gebunden ist, nicht an die früher versiegende Motilität.“ (*Joel* 79).

Bei der Betrachtung der komplizierten Vorgänge bei der Befruchtung des Eies, der zahlreichen hierbei zusammenwirkenden Fermentsysteme, der Rolle der Zelloberfläche usw. erscheint es indessen denkbar, dass eine Schädigung der Befruchtungsfähigkeit bereits vor dem Versiegen der Motilität des Spermiums eintreten kann. Besonders dürfte diese Möglichkeit bei der Anwendung von Verdünnungslösungen gegeben sein. Über Einflüsse unsachgemäß ausgeführter Verdünnung schreibt *Hoelzer* (74): „Dabei brauchen diese Einflüsse nicht immer so augenfällig zu sein, dass sie zum Tod des Spermatozoen führen. Es ist anzunehmen, dass die weniger sinnfälligen Grade zu einer Herabsetzung der Befruchtungsenergien führen, ohne dass die Motilität stärker beeinflusst ist“.

Eine endgültige Klärung der Frage, ob die Motilität oder die Befruchtungsfähigkeit der Spermien zuerst erlischt, ist bis heute noch nicht gegeben. Doch sprechen die Erfahrungen der Praxis dafür, dass die germinative Potenz der Spermien empfindlicher und kurzlebiger ist, als ihre Geißel als Bewegungsorganelle.

P . ZUSAMMENFASSUNG

Das Sperma ist das Sekret der männlichen Geschlechtsdrüsen. Die durchschnittliche Menge eines Ejakulats, seine Farbe, Konsistenz sowie chemische und physikalische Beschaffenheit ist je nach der Tierart entsprechend den physiologischen Gegebenheiten bei der Kopulation verschieden. Aber auch bei ein und derselben Tierart lassen sich je nach Konstitution und geschlechtlicher Beanspruchung mitunter erheblich Unterschiede feststellen.

Die wesentlichsten Bestandteile des Spermas sind die Samenflüssigkeit und die Samenzellen oder Spermien. Diese werden in den Hodenkanälchen gebildet und gelangen von da in den Nebenhodenkanal, wo sie im allgemeinen bis zur Ejakulation verbleiben. Bei der Ejakulation werden die Spermien mit den Sekreten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen vermischt und darin suspendiert. Die Sekrete der akzessorischen Geschlechtsdrüsen stellen die Masse der Samenflüssigkeit dar. Sie haben die mechanische Aufgabe, den Spermien auf dem Weg ins weibliche Genitale als Vehikulum zu dienen und enthalten bewegungsauslösende und –unterhaltende Substanzen, sowie kolloidale Schutzstoffe gegen schädliche Milieueinflüsse. Die Spermien weisen nach Aufbau und Größe artspezifische Unterschiede auf. Ihre Anzahl in der Raumeinheit schwankt je nach Tierart und Konstitution.

Ihr Aufbau (Kopf, Hals, Schwanz) entspricht den biologischen Aufgaben der Spermien. Der Kopf ist Träger der germinativen Funktion, Hals und Schwanz stellen den motorischen Apparat dar, der die Spermie zur Eizelle bringen soll.

Als Energiequelle für die Bewegung stehen den Spermien zur Verfügung:

1. Kohlehydrate im Plasma, die glykolytisch gespalten werden und
2. Nichtkohlehydrate, die ihrer Natur nach noch nicht restlos bekannt sind, und die durch Oxydation nutzbar gemacht werden. Als Energiequelle wird die Glykolyse von den Spermien der Oxydation der Nichtkohlehydrate vorgezogen.

Im Hoden sind die Spermien bewegungslos, aber sehr wohl schon bewegungsfähig. Vom Hoden gelangen sie in den Nebenhodenkanal, der, worauf schon seine große Länge hinweist, von besonderer Bedeutung für die Biologie der Spermien ist. Auch hier sind die Spermien noch ohne Bewegung. Sie befinden sich im Zustand der Anabiose, ihre Bewegung und ihr Stoffwechsel werden durch noch unbekannte Faktoren gehemmt. Sie bleiben daher beim Aufenthalt im Nebenhoden sehr lange lebensfähig. Der Nebenhoden, insbesondere der Nebenhodenschwanz, dient als Speicherorgan für die befruchtungsbereiten Spermien. Daneben erhalten sie während ihres Aufenthaltes im Nebenhodenkanal die zur Begattung notwendige Reife und Widerstandsfähigkeit gegen ungünstige Milieueinflüsse. Sowohl ein zu kurzer wie ein zu langer Aufenthalt im Nebenhoden wirkt sich ungünstig auf die Spermien hinsichtlich Befruchtungsfähigkeit und Lebensdauer aus.

Die Auslösung der Spermienbewegung erfolgt unter natürlichen Verhältnissen bei der Ejakulation durch die Vermischung des Nebenhodensekrets mit

den Sekreten der akzessorischen Geschlechtsdrüsen. Sie kann auch künstlich durch geeignete chemische und physikalische Mittel bewirkt werden.

Beim Begattungsakt wird das Sperma in die weibliche Zeugungsorgane gebracht. Das Vaginalsekret wirkt stark verkürzend auf die Lebensdauer der Spermien. Dahingegen finden die Spermien in der Cervix, vor allem bei den vaginal besamenden Tieren, ein günstiges Milieu. Damit dürfte unter anderem der verhältnismäßig hohe Citratgehalt des Zervikalschleimes zusammenhängen. Im Uterus sind die Verhältnisse weniger günstig. Die Spermien durchwandern ihn in Richtung zu den Tuben und treffen dort, oder im Gebiet des Eierstocks, mit der befruchtungsbereiten Eizelle zusammen. Infolge der zeitlich sehr begrenzten Lebensdauer des Eies und der Spermien ist die Wahl des richtigen Zeitpunktes für die Begattung oder Besamung von ausschlaggebender Bedeutung für ein Zustandekommen der Befruchtung.

Bei der Wanderung der Spermien in den weiblichen Zeugungsorganen zum Ei und bei der Vereinigung der beiden Gameten sind Kräfte wirksam, die wir an ihren Auswirkungen: Beschleunigung und Hemmung der Spermienbewegung, Rheotaxis, Chemotaxis, Thigmotaxis, Galvanotaxis und Agglutination erkennen. Nach den jüngsten Ergebnissen der Forschung sind hierbei maßgeblich geschlechtsspezifische Wirkstoffe, Gamone, beteiligt. Sie wurden bei Kaltblütern mit äußerer Befruchtung entdeckt. Bei Tieren mit innerer Befruchtung, wo die Verhältnisse wesentlich komplizierter liegen, sind sie noch nicht restlos erforscht. Man unterscheidet Gynogamone im Ei und Androgamone im Sperma. Das Gynogamon I aktiviert die Spermienbewegung und lockt die Spermien chemotaktisch an, Das Gynogamon II bewirkt die Agglutination der Spermien in der Nähe des Eies. Das Androgamon I lähmt die Spermienbewegung, das Androgamon II hat im wesentlichen die Aufgabe, die Eihüllsubstanzen zu lösen und dadurch einem Spermium den Weg in die Eizelle freizumachen. Dieses lytische Prinzip des Androgamon II ist als Ferment „Hyaluronidase“ erkannt und isoliert worden.

In zahlreichen Versuchen hat man *in vitro* die Wirkung verschiedener chemischer Stoffe auf die Spermien untersucht, in der Absicht, auf diese Weise Aufschlüsse über die Lebensvorgänge in diesen Zellen zu erhalten. Die Ergebnisse laufen größtenteils auf eine mehr oder weniger starke Schädigung der Spermien bezüglich Lebensdauer hinaus. An physikalischen Reizen wirkt plötzliches Abkühlen schädlich, dagegen kann man durch vorsichtiges Abkühlen auf 4°C die Lebensdauer der Spermien verlängern. Auch gegen Verschiebung des osmotischen Druckes und der Wasserstoffionenkonzentration sind die Spermien empfindlich. Zwischen dem osmotischen Druck, der Wasserstoffionenkonzentration und der Gegenwart gewisser Ionenarten in der Samenflüssigkeit gibt es bestimmte Beziehungen. Im sauren pH-Bereich besteht besondere Empfindlichkeit gegen Hypotonie. Die ungünstige Wirkung des Natriumchlorids ist in alkalischer Lösung besonders stark. Günstig ist die Wirkung der Citrate auf die Spermien, vermutlich auf Grund ihrer Fähigkeit, Calcium in Lösung zu erhalten.

Versuche, die Lebensdauer der Spermien durch Einbringen in verschiedene zu diesem Zweck entwickelte Salz- und Zuckerlösungen zu verlängern, schlugen fehl. Günstiger waren die Erfolge mit Verdünnungslösungen, die kolloidale Zusätze, wie Gelatine, Eidotter, Serum oder dergleichen, enthalten. Am wertvollsten hat sich der Eidotter in Verbindung mit Pufferlösungen erwiesen. Bei der Aufbewahrung von Sperma im Eidotter-Verdüner ist ganz besonders auf Luftabschluss zu achten, da die Spermien in Gegenwart von Eidotter einen Inhibitor für ihre Atmung und Beweglichkeit bilden.

Die Verdünnung in isotonen Medien darf nicht unbegrenzt fortgeführt werden; überschreitet sie ein gewisses Maß, so stellen die Spermien ihre Bewegung ein. Die Ursache dieser Verdünnungslähmung ist noch nicht genau erforscht. Man nimmt die Konzentrationsverminderung einer gewissen, für die Spüermavitalität nötigen Substanz, andererseits eine Schädigung der Lipidkapsel der Spermien durch gewisse Ionenarten an.

Die Bildung spermatotoxisch wirkender Antikörper nach parenteraler Einverleibung von Spermien oder Spermaauszügen ist nachgewiesen worden. Die Überlebensdauer der Spermien im Blutserum ist je nach dem Geschlecht und der Generationsphase des Serumspenders verschieden lang.

Als Ergänzung zu der makroskopischen und mikroskopischen Prüfung des Spermas wurden verschiedene Laboratoriumsmethoden entwickelt. Sie beruhen auf der Messung der Respiration oder der glykolytischen Fähigkeit des Spermas und auf der Prüfung der Resistenz der Spermien gegen die Verdünnungslähmung. Daneben wird auch der prozentuale Anteil an pathologischen Spermienformen zur Beurteilung des Spermas verwandt. Man findet in jedem Ejakulat pathologische Spermienformen (Missbildungen von Köpfen und Schwänzen). Steigt ihr Anteil über ein gewisses Maß, etwa 15 %, so ist das Sperma minderwertig. Im allgemeinen, besonders bei frischen Ejakulaten, dürfte die Prüfung der Zahl und Beweglichkeit der Spermien den Anforderungen der Praxis genügen. Längere Zeit konserviertes Sperma kann jedoch trotz guter Beweglichkeit seine Befruchtungsfähigkeit eingebüßt haben. Es scheint daher, als ob eine Prüfung des Samens nur nach Zahl und Beweglichkeit der Spermien in solchen Fällen nicht ausreichend ist für eine Beurteilung hinsichtlich Befruchtungsfähigkeit, da diese bei noch bestehender Beweglichkeit der Spermien bereits erloschen sein kann.

Aus dem noch in vollem Fluss befindlichen Studium der Biologie des Spermas erhellt eindringlich die Tatsache, dass wir es hierbei mit äußerst komplizierten und leicht zu störenden Vorgängen der Natur zu tun haben. Die Technik und Methodik der Samenübertragung werden durch diese Erkenntnisse weitgehend bestimmt.