



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	METHODOLOGISCII ORIENTIERTE QUANTITATIVE UNTERSUCHUNG DER SPERMATOGENESE BEIM BULLEN
Author(s)	TIBA, Tosiro
Citation	Japanese Journal of Veterinary Research, 13(supplement), 7-124
Issue Date	1965-09
DOI	https://doi.org/10.14943/jjvr.13.suppl.7
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/8924
Type	departmental bulletin paper
File Information	KJ00002369191.pdf



EINLEITUNG

Bis heute sind viele morphologische Untersuchungen der Spermatogenese beim Säuger veröffentlicht worden. Auch beim Bullen sind diese Prozesse von manchen Forschern vielfältig untersucht worden (BROWN, VON BRUNN, BIONDI, BENDA, VON EBNER^{33,34}), REGAUD^{82,83}), CLERMONT^{23,24}), CAVAZOS & MELAMPY, ORTAVANT⁷⁸). Ausser der allgemeinen histologischen Beobachtung der Innenstruktur des Samenkanälchens sind andere Untersuchungen der Feinstrukturen der Samenzellen insbesondere des Chromosoms schon von früher her angestellt worden (BARDELEBEN, KRALLINGER⁵³⁻⁵⁵), MAKINO, MELANDER & KNUDSEN, KNUDSEN & BRYNE); und in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurden die Zahl und Gestalt des Chromosoms beim gesunden Bullen verdeutlicht (KRALLINGER⁵³⁻⁵⁵), MAKINO). Weiterhin wurde die Chromosom-Untersuchung auch beim Bullen mit gestörter Spermatogenese versucht, und daraus wurden einige neue bedeutende Kenntnisse gewonnen (KNUDSEN⁴⁶⁻⁴⁸)).

Die schnelle Entwicklung der Haustierbesamung insbesondere beim Bullen nach dem zweiten Weltkrieg beförderte notwendigerweise die nähere und genauere Untersuchung der Sexualfunktionen des Bullen. Und auch eröffneten die elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Bullenspermien von manchen Forschern (BRETSCHNEIDER¹²⁻¹⁶), KOJIMA) nach dem Weltkrieg ein neues Feld für die Forschung der Fortpflanzung der Tiere. Unter diesen Umständen wurde auch ein Versuch angestellt, um die verschiedenen Gestalten der Spermien im Ejakulat vom Gesichtspunkt der Spermatogenese aus zu erklären (BRETSCHNEIDER¹⁷)).

Bei allen den obengenannten Untersuchungen aber handelt es sich ausschliesslich um die Morphologie des Samenepithels an sich oder der Feinstrukturen der Keimzellen. Aber andererseits gibt es noch eine andere Richtung der Untersuchung der Spermatogenese, d. h. die quantitative Untersuchung. Es muss möglich sein, die Spermatogenese vom quantitativen Gesichtspunkt aus zu behandeln, denn die Teilung der Samenzellen von jeder Generation geschieht immer unter einer sehr festen Regel; nämlich das Zahlenverhältnis der Zellen von einer jeden Generation zueinander ist immer konstant. Es ist REGAUD⁸²), der sein Augenmerk auf die obenerwähnte Tatsache richtete und zum erstenmal die quantitative Untersuchung der Spermatogenese bei der Ratte veröffentlichte. Seither sind gleichartige Untersuchungen durch manche Forscher bei verschiedenen Tierarten angestellt worden (ROOSEN-RUNGE⁸⁶⁻⁸⁸), ROOSEN-RUNGE & GIESEL, CLERMONT & LEBLOND^{26,28}) OAKBERG⁶⁶), und die Untersuchung beim Bullen wurde von ORTAVANT⁷⁹) begonnen.

Ausser der obengenannten Methodik ist noch eine andere Methodologie schon

von früher her vorhanden gewesen: Untersuchung des Samenepithelzyklus und der Samenepithelwelle.

Es ist von früher bekannt, dass bei der Spermatogenese das Samenepithel einen rhythmischen, wellenartigen Veränderungsprozess durchläuft, nämlich, dass die Zellen einer Generation etwa zur gleichen Zeit entstehen und sich synchron weiter entwickeln, wobei zwischen den Entwicklungsstufen der verschiedenen Generationen gesetzmässige Beziehung bestehen und dadurch ganz charakteristische Zellgemeinschaften entstehen, die sich an einer gegebenen Stelle eines Hodenkanälchens in regelmässiger und konstanter Folge aneinanderreihen. Der Begriff „Samenepithelzyklus“ wurde darauf gebildet, auf welche Art die zyklischen Veränderungen des Samenepithels mit der Zeit erscheinen. Andererseits entstand der andere Begriff „Samenepithelwelle“ daraus, auf welche Weise sich die Veränderungen des Samenepithels im Raum ausdrücken. Die Untersuchung des Zyklus oder der Welle ist auf einem Standpunkt begründet, um die Dynamik der Veränderungen des Samenepithels im ganzen zu fassen. Derartige Untersuchung soll also „Kinetik der Spermatogenese“ (ROOSEN-RUNGE⁸⁷⁾) genannt werden, und deshalb muss es von den obengenannten Methoden scharf unterschieden werden.

Die Untersuchungen des Zyklus sind schon seit dem Ende des letzten Jahrhunderts durch manche Forscher hauptsächlich beim Nager angestellt worden (VON EBNER³³), ROOSEN-RUNGE & GIESEL, HERTWIG, SHAVER^{93, 94}), OAKBERG^{66, 67}), LEBLOND & CLERMONT^{59, 60}), aber betreffs der systematischen Untersuchung beim Bullen können nur einige Autoren in den letzten Jahren (ORTAVANT⁷⁹), KRAMER, AMANN^{4, 5}), HOCHEREAU⁴¹) genannt werden.

Obwohl es keine Untersuchung des Samenepithelzyklus an sich sind, sollen einige wichtige Mitteilungen angemerkt werden, wodurch die genauere Untersuchung des Samenepithelzyklus beim Bullen ermöglicht wurde: Messung der Dauer des Spermatogenesezyklus mit Hilfe von Radioisotop (ORTAVANT⁷⁷), DAWSON, ORGEBIN^{73, 74}), ORGEBIN et al., KOEFOED-JOHNSEN^{50, 51}), HOCHEREAU⁴²), FOOTE, FOGG & COWING).

Was die Untersuchung der Welle beim Bullen anbelangt, kann man nur die Mitteilungen von KRAMER und von HOCHEREAU⁴¹) zählen, aber sie sind im Vergleich mit den Untersuchungen bei anderen Tierarten (CURTIS, PEREY et al.) noch etwas zu fragmentarisch.

Obgleich die Untersuchungsgeschichte der Kinetik der Spermatogenese, wie schon erwähnt, ebenso alt wie die anderen rein morphologischen Untersuchungen ist, bleibt die erstere in der Reichhaltigkeit und Gründlichkeit der Forschung noch hinter der letzteren zurück; denn durch die erste Hälfte des Jahrhunderts hindurch hatten nur sehr wenige Forscher an der Untersuchung dieses Problems gearbeitet. Unter diesen Umständen ist es jetzt noch nicht so leicht, eine übereinstimmende

Meinung über den Zyklus und die Welle beim normalen Bullen zu finden, geschweige denn beim Abnormalen. Soweit dem Verfasser bekannt ist, gibt es noch keine systematische Untersuchung über den Zyklus und die Welle beim Bullen mit irgendeiner Sexualfunktionsstörung.

In der vorliegenden Untersuchung hat der Verfasser den Samenepithelzyklus und die Samenepithelwelle bei 3 Bullen untersucht, die klinisch als eine Art Asthenospermie diagnostiziert wurden, und ausserdem hat er eine Ermittlung der Zahl der Samenzellen probiert. Es ist aber kaum möglich, die von dem Verfasser erhaltenen Untersuchungsergebnisse unmittelbar mit denjenigen von anderen Autoren zu vergleichen und daraus einen deutlichen Schluss zu ziehen, weil die angewandten Materialien sowie Methoden voneinander verschieden sind, und weil es jetzt noch, wie schon bemerkt, weder eine übereinstimmende Meinung über den Zyklus und die Welle beim Normalen noch eine systematische Untersuchung beim Abnormalen gibt. Es ist aber nicht unmöglich, irgendwelche suggestiven Kenntnisse von der Kinetik der abnormalen Spermatogenese zu gewinnen, und die Untersuchung der Spermatogenese beim Bullen mit Fortpflanzungsstörung auf irgendeine neue Richtung hinzuweisen.

NOMENKLATUR

Spermatogenese: Hierin gehören die Gesamtveränderungsprozesse von der ersten Teilung einer A-Spermatogonienstammzelle bis zur Ausscheidung der daraus entstandenen Spermatozoen in das Lumen des Samenkanälchens.

Spermiogenese: Hierin gehören die Veränderungsvorgänge, die neu entstandenen Spermatiden die Transformation in die Spermatozoen durchlaufen und sich als die freien Spermatozoen aus dem Samenepithel ausscheiden.

Zellgemeinschaft: Im Querschnitt eines Hodenkanälchens unterscheidet man verschiedene Generationen von Samenzellen. Die Gruppe aus den Samenzellen von verschiedenen Generationen im Keimepithel wird als Zellgemeinschaft bezeichnet.

Der rhythmische, wellenförmige Ablauf der Spermatogenese bringt es mit sich, dass im Querschnitt eines Hodenkanälchens verschiedene Generationen von Keimzellen angetroffen werden können. Die Zellen einer Generation entstehen etwa zur gleichen Zeit und entwickeln sich auch synchron weiter, wobei zwischen den Entwicklungsstufen der verschiedenen Generationen gesetzmässige Beziehungen bestehen. Dadurch entstehen ganz charakteristische Zellgemeinschaften, die sich an einer gegebenen Stelle eines Hodenkanälchens in regelmässiger und konstanter Folge aneinanderreihen.

Samenepithelzyklus: Der vollständige Ablauf einer Serie von typischen Zell-

bildern bzw. Zyklusphasen an einer bestimmten Stelle eines Hodenkanälchens wird als Samenepithelzyklus (oder kurz Zyklus) bezeichnet und umfasst somit die an einem gegebenen Ort sich folgenden Veränderungen des Samenepithels zwischen dem Erscheinen von zwei gleichen Zellgemeinschaften. Im Unterschied zum Samenepithelzyklus ist der Spermatogenesezyklus definiert als der Ablauf der Veränderungen zwischen der ersten Teilung einer Spermatogonienstammzelle und der Ausscheidung der daraus entstandenen Spermien in das Lumen des Samenkanälchens.

Stadium des Samenepithelzyklus: Auf Grund der morphologischen Veränderungen im histologischen Schnitt lässt sich der Ablauf des Samenepithelzyklus in einige Stadien bzw. Phasen einteilen. Die Stadien sind im allgemeinen mit den fortlaufenden Nummern versehen: z.B. Stadium 1, 2 usw. oder Stadium I, II usw. Im Samenepithelzyklus geht jedes Stadium immer nach der wiederholten Reihe der fortlaufenden Nummern ins nächste Stadium über; nämlich nach der Reihe von 1, 2, ..., n, 1, 2 usw.

Segment: Wenn man ein Samenkanälchen longitudinal schneidet und die Schnittfläche beobachtet, so findet man, wie die verschiedenen Zellgemeinschaften in viereckiger Gestalt an der Kanälchenlängsachse entlang aneinander liegen. Diese Zellgemeinschaft im Längsschnitt wird als Segment bezeichnet. Auch das Segment wird mit derselben Nummer des Stadiums versehen, das sich in dem betreffenden Segment zeigt; z.B. Segment 1, 2, usw. oder Segment I, II usw. Grundsätzlich reihen sich die Segmente an der Kanälchenlängsachse entlang nach der wiederholten Reihe der fortlaufenden Nummern aufeinander, nämlich nach der Reihe von 1, 2, ..., n, 1, 2 usw.

Samenepithelwelle: Der vollständige Ablauf einer Serie von Veränderungen des Segments, der an der Samenkanälchenlängsachse entlang beobachtet wird, wird als Samenepithelwelle (oder kurz Welle) bezeichnet und umfasst somit die an einem gegebenen Zeitpunkt längs der Längsachse sich folgenden Veränderungen des Samenepithels zwischen dem Erscheinen von zwei gleichen Segmenten.

Während der Zyklus die Veränderung der Zellgemeinschaft in der Zeit an einem gegebenen Ort des Samenkanälchens betrifft, weist die Welle auf die Veränderung der Zellgemeinschaft im Raum hin, die an einem gegebenen Zeitpunkt die Samenkanälchenlängsachse entlang beobachtet wird.

Erster Teil
MATERIAL UND METHODE

I VERSUCHSTIERE

Bei den Versuchstieren handelt es sich um drei Bullen der schwarzbunten Niederungsrasse, die von der Insel Terschelling in der Nordsee im niederländischen Territorium stammen. Alle die Bullen gehörten zu demselben Geburtsjahr 1956. Die Tiere wurden ein halbes Jahr darauf im April 1957 einem Viehhändler verkauft und blieben bei ihm ungefähr vier Monate lang bis zum Ende August desselben Jahres. Am 2. September 1957 wurden die Tiere durch die Klinik für Obstetrik und Gynäkologie der Tierärztlichen Fakultät der Reichsuniversität Utrecht als Experimentaltiere angekauft. Zu der Zeit, als die Tiere in die Klinik aufgenommen wurden, waren sie sehr abgemagert und im ganzen unterentwickelt, obschon man an ihnen kein anderes bemerkbares krankhaftes Anzeichen fand. Bei dem Viehhändler waren sie schlecht gefüttert und standen immer in einer ungesunden Umgebung, wo sie unter der fortdauernden Kälte und Nässe leiden mussten. Vermutlich ist die Unterentwicklung und Unterernährung der Tiere den schlechten Fütterungs- und Haltungsverhältnissen bei dem Viehhändler zuzuschreiben.

In der Klinik waren sie seither 3~5 Monate lang bis zur Mitte Januar 1958 gestallt und untersucht worden, bis alle die Tiere schliesslich am 12. Januar 1958 kastriert wurden.

TABELLE 1 *Versuchstiere*

TIER	GEBURTSTAG	BEOBACHTUNGSDAUER	KASTRATION
B ₁	3 XI 1956	11 IX 1957~13 I 1958	22 I 1958
B ₂	3 XI 1956	29 X 1957~ "	"
B ₃	7 XI 1956	16 X 1957~ "	"

Während die Tiere in der Klinik gestallt worden waren, wurden die Beobachtung ihrer Samenbeschaffenheit ununterbrochen in einem bestimmten Intervall durchgeführt. Die Beobachtung der Ejakulate, die mit künstlicher Scheide entnommen wurden, wurde nach der gangbaren Regel ausgeführt: Volumen des Ejakulats, Massen- sowie Einzelbewegung der Spermien, Spermiedichte, Missbildungen der Spermien, Prozentsatz der unbeweglichen Spermien. Die Beobachtungsergebnisse der Samenbeschaffenheit werden in Tabelle 2 zusammenfassend eingetragen.

TABELLE 2 Samenbeschaffenheit der Tiere

BULLE		1	2	3
Häufigkeit der Samenentnahme (pro Woche)		1~2	1~2	1~2
Alle versuchte Samenentnahme (Mal)		56	40	44
Samenentnahme mit Erfolg (Mal)		41	31	15
Ejakulatsvolumen	ml	0,5~1,25 (0,5)	0,25~1,50 (1,0)	0,25~1,00 (0,4)
Massenbewegung* der Spermien		31/41 - ~ +	19/31 - ~ +	9/15 - ~ +
Einzelbewegung* der Spermien		31/41 ± ~ + ±	25/31 ± ~ + ±	12/15 + ± ~ ++
Spermiendichte	10 ³ /ml	1,6~22,7 (7,0)	2,7~18,3 (9,0)	6,7~20,9 (11,8)
Prozentsatz der unbeweglichen Spermien	%	50~90 (67)	25~80 (59)	40~85 (67)
Prozentsatz der missgestalteten Spermien	%	9~26 (15)	17~39 (26)	10~36 (19)

Diese Ergebnisse waren schon von den Forschern an der Klinik festgestellt worden, bevor der Verfasser im Januar 1961 in Holland ankam.

* Massen- oder Einzelbewegung der Spermien z. B. in 31 von allen 41 Ejakulaten
Die Ausdrucksweise der Spermienbeweglichkeit (+, - usw.) ist von der betreffenden Klinik. Das Zeichen „+ ±“ bezeichnet den Grad der Einzelbewegung der Spermien zwischen + und ++.
Die eingeklammerten Ziffern sind Mittelwerte.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, sind in diesen Fällen die folgenden Mängel als die bedeutendsten der Samenbeschaffenheit in den Vordergrund gestellt: eine kleine Menge Ejakulat, Erniedrigung der Massen- sowie Einzelbewegung der Spermien und eine grosse Anzahl der unbeweglichen Spermien. An den anderen Samenbeschaffenheiten sind keine besonders nennenswerten Veränderungen erkennbar.

Der Prozentsatz der missgestalteten Spermien ist zwar nicht niedrig, aber durch die ganze Beobachtungsdauer hindurch kam es nur selten vor, dass der Prozentsatz höher als 25 % aufstieg. In den meisten Fällen blieb es innerhalb der Grenze von 10~25 %; diese Werte sind nicht so stark vom Normalen abweichend. Was die Morphologie der missgestalteten Spermien betrifft, so wurde keine bemerkenswerte Veränderung wie z. B. „cork screw“ gefunden, die BLOM, SAVACE

& ISA und ISHIKAWA et al. auf eine Ursache der Asthenospermie zurückführten.

Ob die unbeweglichen Spermien schon tot oder noch lebend waren, konnte nicht festgestellt werden, weil Differentialfärbung von lebenden und toten Spermien nicht ausgeführt wurde. Und auch blieb es unbestimmt, ob die Tiere Fertilität hatten oder nicht, weil kein Befruchtungsversuch mit ihrem Ejakulat angestellt wurde.

Soweit dem Verfasser bekannt ist, gibt es heute noch keine genaue Definition von Abnormalitäten der Samenbeschaffenheit beim Bullen. Es ist daher unmöglich, die oben angegebene Samenqualität mit einem genau definierten Fachausdruck zu belegen. Die Erkrankung der betreffenden Tiere soll aber nach dem Gebrauch als Asthenospermie, die mit Aspermie einhergeht, diagnostiziert werden. Mit Bezugnahme auf die Definition in der Humanmedizin bedeutet Aspermie „Deficient secretion of semen“ (ROMMER), und Asthenospermie meint „cas avec plus de 50 % de spermatozoïdes immobiles“ (ORINSTEIN). Diese Definitionen sind in den betreffenden Fällen ganz passend.

Es ist nicht deutlich, ob eine Beziehung zwischen der Aspermie und der Asthenospermie bei diesen Bullen vorhanden ist. Die Tatsache, dass während die Spermiedichte immer innerhalb der physiologischen Grenze blieb, nur eine ganz kleine Menge Ejakulat entnommen werden konnte, lässt einen Zweifel an der Verschlechterung des Sekretionsvorgangs der akzessorischen Geschlechtsdrüsen aufkommen. Dies ist aber nicht sicher, weil keine Untersuchung der akzessorischen Geschlechtsdrüsen angestellt wurde. ISHIKAWA teilte einen Fall von Bullen mit Aspermie mit, wobei in der Harnröhre des Tieres eine kleine Vertiefung aufgefunden wurde, die die Durchgangsstörung der Spermien verursachte. Bei unseren eigenen Fällen ist es aber sehr undenkbar, dass alle die Tiere ausnahmslos derartige Missbildung hatten.

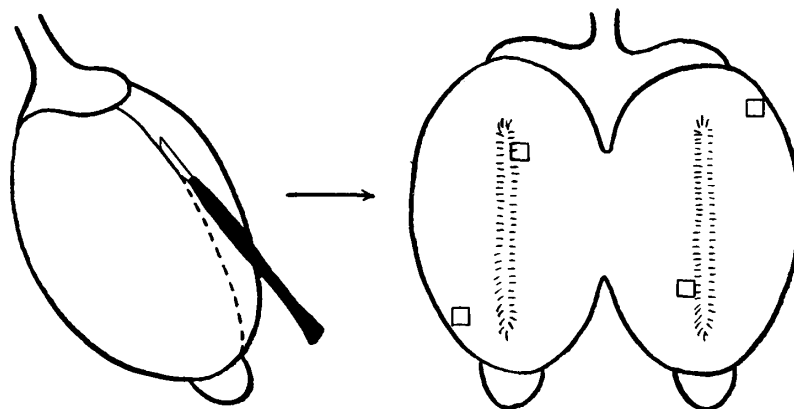
Durch viele Untersucher ist mitgeteilt worden, dass die Beschaffenheit des Samenplasmas einen Einfluss auf die Beweglichkeit der Spermien ausübt (MANN, BISHOP & HANCOCK, VANDEMARK et al.). Es scheint dem Verfasser am vernünftigsten zu sein, die Entstehungsursache der abnormalen Samenbeschaffenheit bei den betreffenden Tieren auf Grund der oben erwähnten Mitteilungen und noch aus der später geschriebenen Tatsache, dass keine besondere pathologische Veränderung an dem Hodengewebe erkenntlich war, wie folgt zu erklären: Die Unterfunktion der akzessorischen Geschlechtsdrüsen kam als Aspermie zum Vorschein und dieselbe Ursache brachte die Verschlechterung der Massen- sowie Einzelbewegung der Spermien hervor.

II HISTOLOGISCHE PRÄPARATION DES MATERIALS

Innerhalb 10 Minuten nach dem Abschneiden des Hodens aus dem Tier wurde die Fixierung des Hodengewebes ausgeführt. Dazu wurde zuerst physiologische Kochsalzlösung mit einer grossen Injektionsspritze durch die A. spermatica in den Hoden hinein infusiert, um das noch im Hoden bleibende Blut wegzuspülen; und dann wurde Helly'sche Flüssigkeit auf dieselbe Weise in den Hoden eingegossen. Vierundzwanzig Stunden darauf wurde die Fixierungsflüssigkeit durch Eingiessung von Leitungswasser völlig weggespült, und weiterhin wurde 70 %iger Alkohol in den Hoden eingespritzt. Schliesslich wurden alle 6 Hoden in einem mit demselben Alkohol gefüllten Tank aufbewahrt.

Aus den in Alkohol aufbewahrten Hoden wurden später einige Gewebestückchen auf die unten gezeigte Weise herausgenommen.

ABBILDUNG 1 *Entnahme des Hodengewebestückchens*



□ : Ort, woraus Gewebestückchen
entnommen wurde

Die damit erhaltenen Gewebestückchen (etwa $10 \times 10 \times 1 \sim 2$ mm) wurden nach dem später beschriebenen Präparationsverfahren behandelt.

Für die Untersuchung des Samenepithelzyklus wird das gewöhnliche histologische Hodengewebspräparat zur Anwendung gebracht, aber zum Zweck der Untersuchung der Welle ist ein anderartiges Präparat mehr geeignet, d. h. das Präparat des aus dem Hoden isolierten und longitudinal geschnittenen Kanälchens; weil man mittels dieses Präparats verschiedene Erscheinungen an der Welle unmittelbar unter dem Mikroskop beobachten kann. Aus diesem Grund wurde die Herstellung des eben erwähnten Isolierungspräparats des Hodenkanälchens probiert.

Bei der Untersuchung des Samenepithelzyklus mit Hilfe des gewöhnlichen

Präparats wird der Gegenstand der Beobachtung immer nur auf den Samenkanälchenquerschnitt beschränkt. Also wird das gewöhnliche Präparat des Hodengewebes, der Einfachheit halber, im folgenden kurz „Querschnittpräparat“ genannt, und das Längsschnittpräparat des isolierten Kanälchens nur „Längsschnittpräparat“ abgekürzt.

A Herstellung des Querschnittpräparats

Bei der Einteilung des Samenepithelzyklus handelt es sich im allgemeinen um zweierlei Methoden. In der vorliegenden Untersuchung wurde eine Methode aufgenommen, wonach der Samenepithelzyklus auf Grund der Veränderungsvorgänge des Akrosom-Systems bzw. der Kopfkappenanlage im Spermatid in einige Stadien eingeteilt wird. Für Differenzierung der Veränderungsstufen des Akrosom-Systems im Spermatid hat man eine besondere Fixierungs- und Färbungstechnik nötig. WISLOCKI hat 1949 zum erstenmal festgestellt, dass die Struktur, woraus die Kopfkappe entsteht, PAS-positiv ist. Diese Struktur wird nach LEBLOND mit Ort'scher Flüssigkeit mit gutem Erfolg fixiert. Später wurde von LEBLOND & CLERMONT⁶⁰⁾ mitgeteilt, dass sich Helly'sche Flüssigkeit zur Fixierung ohne Störung

TABELLE 3 *Entwässerung, Aufhellung und Einbettung des Hodengewebes*

1	Fixierung nach Helly (im Dunkeln)	24 hr
2	Fliessendes Leitungswasser (im Dunkeln)	"
3	Alkohol 50 %	1
	" 60	"
	" 70	"
	" 80	"
	" 90	"
	" 96	" (2 Mal)
	" 100	" (")
4	Alkohol 100 % : Methylbenzoat = 2 : 1	1/2
	" : " = 1 : 1	"
	" : " = 1 : 2	"
5	Methylbenzoat	24 (2 Mal)
6	Methylbenzoat : Benzol = 1 : 1	1/2
7	Benzol	1/4 (3 Mal)
8	Benzol : Paraffin (40°C) = 1 : 1	1/2
9	Paraffin (40°C)	"
10	" (58°C)	" (3 Mal)
11	Einbettung	

der eigenartigen Gewebestruktur und der ursprünglichen Zustände des Zytoplasmas mehr als Ort'sche Flüssigkeit eignet. Auf diese Angabe hin wurde die Fixierung nach Helly in dieser Arbeit angewandt.

Das im Paraffin eingebettete Objekt wurde zur Dicke von 5μ geschnitten. Zur Beobachtung der Veränderungsvorgänge des Akrosom-Systems bzw. der Kopfkappenanlage ist die PAS-Färbung sehr geeignet. Es ist hierbei aber ausserdem nötig, eine Kernfärbung auszuführen. Hierfür wurde die von KRAMER modifizierte PAS-Feulgen-Kombinationsmethode von VAN DUYN et al. gewählt.

TABELLE 4 *Feulgen-PAS-Färbung nach KRAMER*

1	Entparaffinierung	
2	Entjodung	
3	1N-HCl ($58^{\circ}\sim 62^{\circ}\text{C}$)	10 min
4	Wässerung	"
5	Thioninlösung	3 hr
6	SO ₂ -Lösung	5 min (3 Mal)
7	Wässerung	10
8	Perjodsäure-Lösung (37°C)	15
9	Wässerung	10
10	Schiff'sches Reagens	15
11	SO ₂ -Lösung	10 (3 Mal)
12	Wässerung	10
13	Entwässerung	
14	Xylol→Canadabalsam	

B Herstellung des Längsschnittpräparats

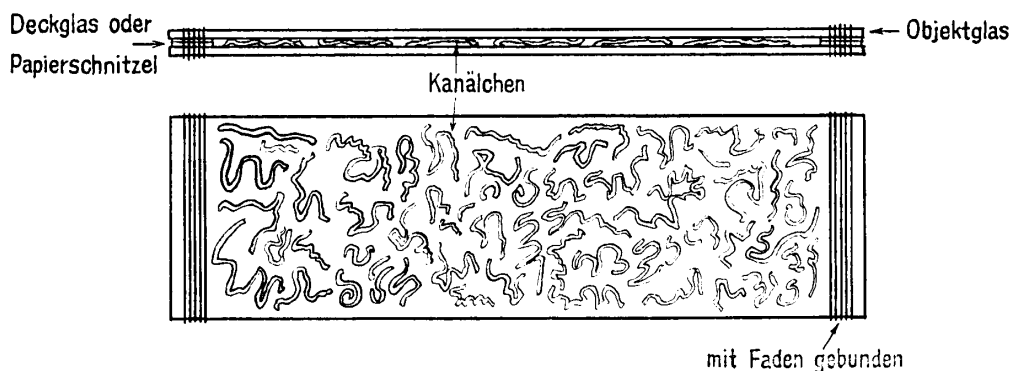
Aus den Gewebestückchen, die auf die schon erwähnte Weise aus dem Hoden entnommen worden sind, wurde jedes einzelne Samenkanälchen unter dem stereoskopischen Präpariermikroskop in einer mit Wasser oder 70 % igem Alkohol gefüllten Schale isoliert. Die Isolierung des Kanälchens beim Rind ist viel schwerer als bei der Ratte oder Maus, weil die Tubuli contorti des Rindes sich sehr stark krümmend und ineinander verschlingend nach allen Richtungen herumlaufen. Um ein möglichst langes und gerades Kanälchen ohne Verletzung isolieren zu können, wurden eine etwas dicke und mit einem Stiel versehene Nähnadel, deren Spitze etwas abgestumpft wurde, eine kleine Pinzette für Ophthalmolog, eine sehr kleine Schere und einige andere nützliche Instrumente benutzt.

Bei der Untersuchung der Welle ist die Beobachtung des Tubulus rectus sehr notwendig, der ins Rete testis, d.h. Start- und Endplatz des Kanälchens, einmündet.

Deshalb wurde die Isolierung des Tubulus rectus wiederholt probiert aber immer ohne Erfolg. Die Isolierung dieses Tubulus war immer mit grössten Schwierigkeiten verbunden wegen der sehr reichen Blutgefässversorgung zum Rete testis. Obwohl einige Tubuli mit einigem Glück aus dem Rete testis abgetrennt wurden, gelang es nie, ohne Verletzung seiner ursprünglichen Struktur ein brauchbares Präparat zuzurichten.

Die isolierten Kanälchen sind aber in den darauffolgenden Präparationsprozessen ohne Anwendung einiger besonderen Geräte sehr schwer zu behandeln, weil sie nicht nur sehr stark gewellt sondern auch sehr leicht zu zerbrechen sind. Um das Objekt ohne Verletzung behandeln zu können, wurde Objektglas-Methode dem Beispiel von PEREY et al. folgend aufgenommen (Abb. 2): Nämlich jedes isolierte Kanälchen wurde auf ein Objektglas gelegt und mit dem anderen Glas bedeckt, aber dabei wurden die entzweigeschnittenen Deckgläser oder einige etwas dicke Papierschnitzel in die Spalte zwischen den beiden Objektgläsern hineingesteckt, wodurch die Entwässerungs- oder Aufhellungsflüssigkeit den Zwischenraum immer leicht durchströmen konnte. Durch die Anwendung dieses Geräts braucht man das Objekt nicht mit der Hand zu berühren, und ausserdem können die krummen Kanälchen einigermassen gerade gemacht werden.

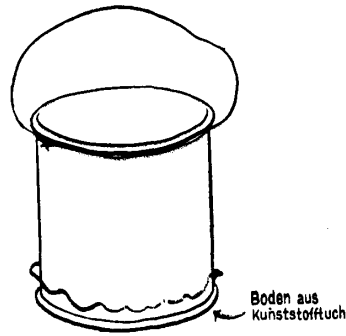
ABBILDUNG 2 Gerät für Entwässerung und Aufhellung
des isolierten Kanälchens



In anderer Hinsicht ist das Präparationsverfahren grundsätzlich dasselbe wie bei der Herstellung des Querschnittpräparats, aber die Dauer der Entwässerung und Aufhellung wurden um $1/2 \sim 1/3$ verkürzt.

Nachdem die Kanälchen auf die obenerwähnte Weise entwässert und aufgehellt waren, wurden sie weiter in einen anderen kleinen Glaskübel umgeladen, der etwa 30×30 mm gross und mit einem Boden aus sehr dünnem Kunststoffuch versehen ist, wodurch die Paraffinflüssigkeit in den Kübel einfliessen kann. Mittels dieses Glaskübel kann man die Durchtränkung mit Paraffin in kürzerer Zeit und ohne Verletzung des Materials durchführen.

ABBILDUNG 3 *Glaskübel für Durchtränkung
mit Paraffin*



Als die Objekte völlig mit Paraffin durchtränkt waren, wurden sie in Paraffin im Einbettungsrahmchen auf der Glas-Grundplatte eingebettet. Dabei ist es sehr notwendig, die gewellten Kanälchen mit einer erwärmten Zupfnadel an die Grundplatte möglichst eben aber sehr sorgfältig ohne Schädigung zu drücken, da später, wenn sie nicht eben auf die Oberfläche des Paraffins gelegt sind, das longitudinale Schneiden mit dem Mikrotom erschwert, ja bisweilen unmöglich ist.

Das in Paraffin eingebettete Kanälchen wurde so parallel wie möglich zu seiner Längsachse abgeschnitten, um einen möglichst langen Längsschnitt zu erhalten. Die Färbung ist ganz gleich wie bei der Herstellung des Querschnittpräparats.

III EINTEILUNG DES SAMENEPITHELZYKLUS

Der rhythmische, wellenförmige Ablauf der Spermatogenese bringt es mit sich, dass im Querschnitt eines Hodenkanälchens verschiedene Generationen von Keimzellen angetroffen werden können. Die Zellen einer Generation entstehen etwa zur gleichen Zeit und entwickeln sich auch synchron weiter, wobei zwischen den Entwicklungsstufen der verschiedenen Generationen gegenseitige Beziehungen bestehen. Dadurch entstehen ganz charakteristische Zellgemeinschaften, die sich an einer gegebenen Stelle eines Hodenkanälchens in regelmässiger und konstanter Folge aneinanderreihen.

Der vollständige Ablauf einer solchen Serie von typischen Zellbildern bzw. Zyklusphasen in einer bestimmten Stelle eines Hodenkanälchens wird als Samenepithelzyklus (Keimepithelzyklus oder kurz Zyklus) bezeichnet und umfasst somit die an einem gegebenen Ort sich folgenden Veränderungen des Keimepithels zwischen dem Erscheinen von zwei gleichen Zellgemeinschaften.

A Verschiedene Einteilungen des Samenepithelzyklus im Gebrauch

Durch Differenzierung zwischen verschiedenen Zellgemeinschaften kann man

TABELLE 5 *Vergleich der Klassifikationen des Samenepithelzyklus in Mammalien*

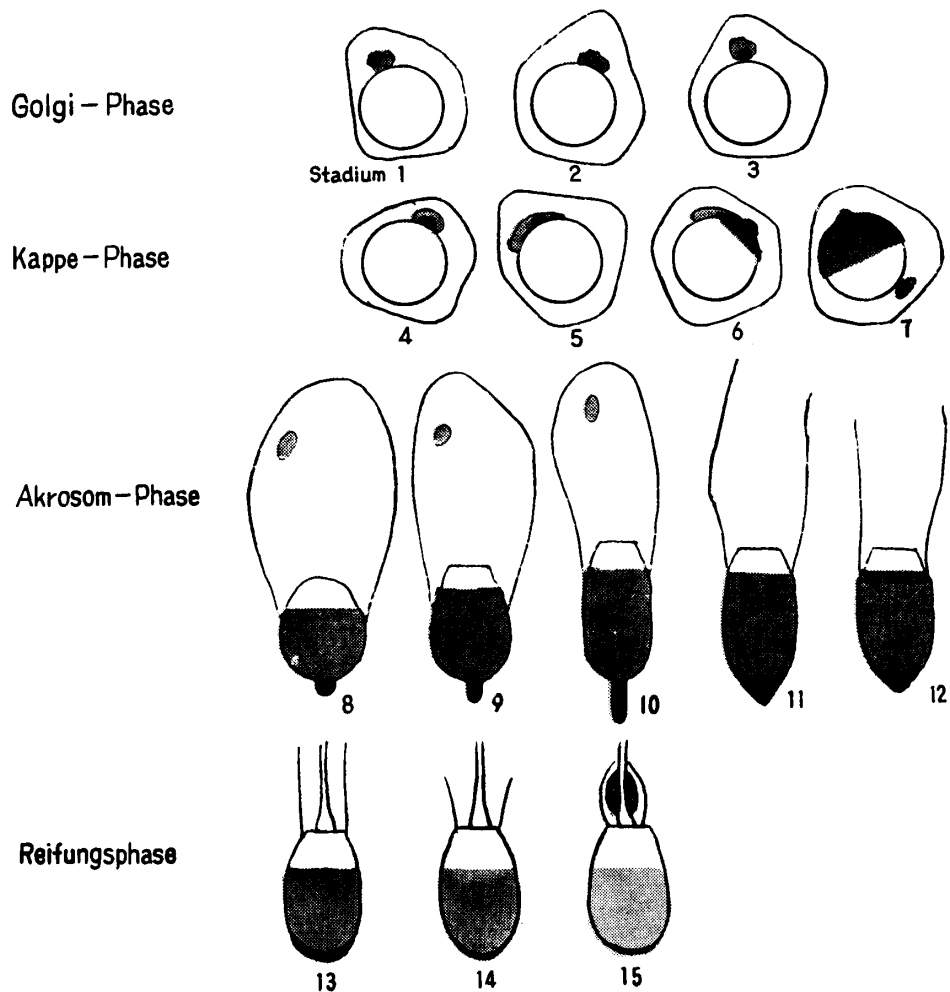
JAHR	AUTOR	TIERART	ZAHL DER EINGETEILTEN STADIEN
1885	BROWN	Ratte	10
1887	BENDA	*	6
1888	VON EBNER	Ratte	12
1898	VON LENHOSSEK	*	5
1901	REGAUD	Ratte	12
1902	SCHOENFELD	*	6
1906	WALDEYER	*	6
1912	VAN HOOF	Ratte	11
1918	CURTIS	Maus, Kaninchen	8
1944	ROLSHOVEN	*	6
1947	MOREE	Maus	12
1950	ROOSEN-RUNGE & GIESEL	Ratte	8
1952	LEBLOND & CLERMONT ⁶⁰⁾	Ratte	14
1953	ESDANIAN	*	5
1955	CLERMONT & LEBLOND	Bulle, Schaf	15
1958	ORTAVANT	Bulle, Schaf	8
1960	KRAMER	Bulle	10

* andere Säuger als die obengenannten Tiere

den Ablauf des Samenepithelzyklus in einige Stadien bzw. Phasen einteilen. Die Zahl der von Voruntersuchern eingeteilten Stadien ist sehr verschieden, weil nicht alle Forscher dasselbe Kriterium gebraucht haben. In Tabelle 5 wird ein Vergleich der bisher mitgeteilten Klassifikationen übersichtlich eingetragen. Wegen der Unterschiede in dem angewandten Kriterium und in der untersuchten Tierart, kann eine kleine Ungenauigkeit nicht vermieden werden.

Bei den obengenannten Einteilungen handelt es sich prinzipiell um zweierlei Methoden; nämlich eine Einteilung, die von LEBLOND & CLERMONT⁵⁹⁾ vorgeschlagen und durch CLERMONT & LEBLOND²⁷⁾ auf den Bullen, Schafbock und den Hund angewandt wurde, und eine andere, die durch CURTIS und ROOSEN-RUNGE & GIESEL bei den Nagetieren probiert und durch ORTAVANT^{78, 79)} auf den Bullen und Schafbock angewandt wurde.

ABBILDUNG 4 Einteilung der Spermiogenese beim Bullen
nach CLERMONT & LEBLOND



Jener hat seinen Grund in der Differenzierung der Entwicklungsstufen des Akrosom-Systems bzw. der Kopfkappenanlage im Spermatid, und dieser in der Unterscheidung einiger besonders bemerkenswerter Veränderungen in den spermatogenetischen Vorgängen, wie z. B. meiotische Zellteilung, Veränderung der Gestalt des Spermatidenkerns oder Spermiation (d. h. Ausscheidung der ausgebildeten Spermatozoen aus dem Keimepithel ins Lumen des Kanälchens) usw.

Die repräsentativsten von den obengenannten Einteilungsmethoden werden in Abbildung 4 und Tabelle 6 zusammenfassend vorgestellt.

Wenn man eine Beziehung zwischen der Transformationsstufe der Spermatiden und den morphologischen Veränderungen anderer Keimzellen auf derselben Stufe aufweisen kann, so kann man die obige Klassifikation der Spermiogenese unmittelbar als ein Kriterium für Differenzierung der Zellgemeinschaften benutzen.

TABELLE 6 *Einteilung des Samenepithelzyklus beim Bullen nach ORTAVANT*

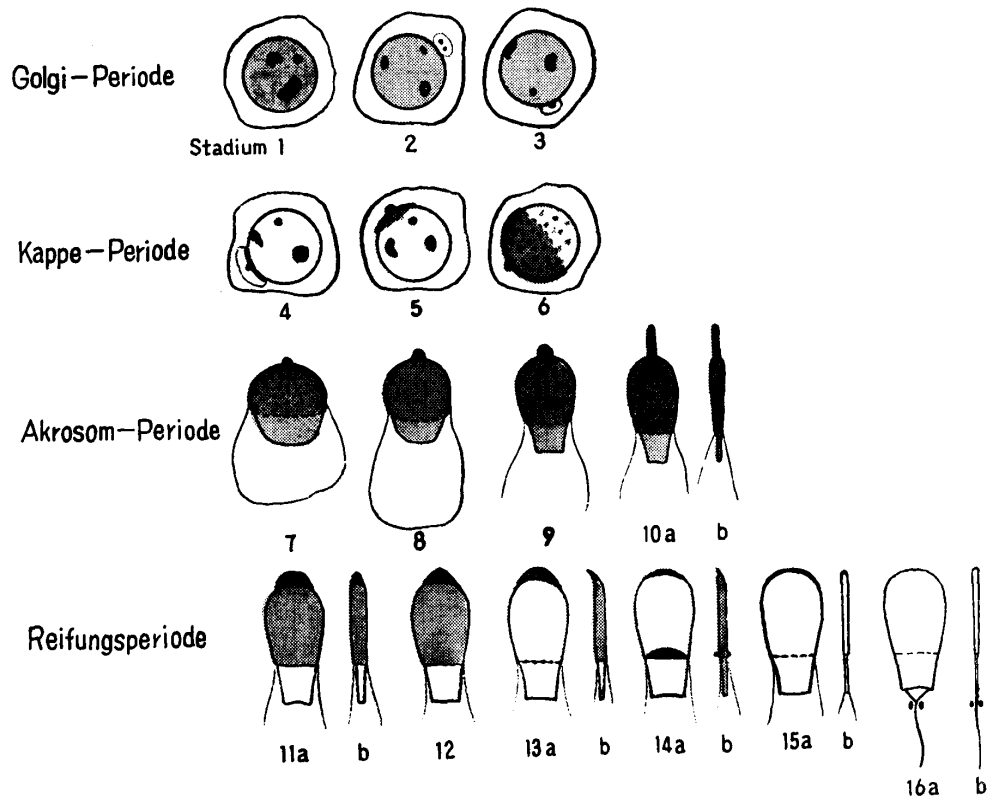
STADIUM	HAUPTSAECHLICHE VERAENDERUNGEN
1 Spermiation	→ Beginn der Veränderung und Erhöhung der Färbbarkeit der Spermatidenkerne
2 Beginn der Kernverlängerung der Spermatiden	→ Beginn ihrer Bündelung
3 Beginn der Spermatidenbündelung	→ Abschluss der Prophase der ersten Meiose der älteren primären Spermatozyten
4 Beginn der ersten Meiose	→ Abschluss der zweiten Meiose
5 Beendigung der zweiten Meiose	→ Auftreten neu gebildeter Spermatiden
6 Beginn der Kondensation der Chromatingranula in den jungen Spermatiden	→ Moment, in dem die älteren, gebündelten Spermatiden den Kontakt mit den Sertoli'schen Fusszellen verlieren
7 Anfang der zentripetalen Wanderung der reifen (älteren) Spermatiden	→ Moment, in dem sie das Kanälchenlumen umgrenzen
8 Ende der zentripetalen Wanderung	→ Spermiation

B Einteilung der Spermiogenese von KRAMER

Die originale Einteilungsmethode der Spermiogenese beim Bullen, die von CLERMONT & LEBLOND²⁷⁾ vorgeschlagen wurde, wurde durch manche Untersucher nachgeprüft und modifiziert (CAVAZOS & MELAMPY, HANCOCK, KRAMER, ONUMA⁶⁸⁻⁷⁰⁾,

ONUMA & NISHIKAWA, ONUMA et al.). In der vorliegenden Untersuchung wurde eine Klassifikation von KRAMER aufgenommen, die in Abbildung 5 wiedergegeben wird.

ABBILDUNG 5 *Einteilung der Spermiogenese beim Bullen von KRAMER*



In der Golgi-Periode (Stadien 1~3) erscheinen zuerst zwei dem Golgi-Apparat entstammende Proakrosomgranula im Spermatidenzytoplasma, um zu einem Akrosomgranulum zu verschmelzen, und dieses kommt der Kernmembran nahe.

Die Kappe-Periode ist gekennzeichnet durch das Auftreten der aus dem Akrosomgranulum entstandenen Anlage der zukünftigen Spermiokopfkappe. Andererseits befindet sich die Akrosomvakuole (oder Idiozom) rings um das Akrosomgranulum auf dem Wege zum Verschwinden.

In der Akrosom-Periode springt das Akrosomgranulum—jetzt wird es nur „Akrosom“ genannt—allmählich nach vorne vor. Gerade am Anfang dieser Periode (Stadium 7) richten sich die Akrosome alle zusammen nach der Basalmembran.

In der Reifungsperiode durchlaufen die Spermatiden die Prozesse der Umformung in die Spermatozoen. Das Akrosom entwickelt sich jetzt horizontal am Vorderrand des Kopfs entlang, und schliesslich überzieht es die vordere Hälfte

des Kopfs. Die Färbbarkeit der Kopfkappe nimmt nach und nach ab.

Im Gegensatz zur Angabe von CLERMONT & LEBLOND²⁷⁾ schrieb KRAMER, dass die Proakrosomgranula nie zahlreicher als 2 sind. Obgleich der Verfasser kein deutliches histologisches Bild hat finden können, um diesen umstrittenen Punkt gründlich beseitigen zu können, konnte es doch auch nicht festgestellt werden, dass die Akrosomvakuole immer ausnahmslos nur 2 Proakrosomgranula enthalten.

CLERMONT & LEBLOND²⁷⁾ erwähnte, dass sich die Akrosomvakuole an der Kernmembran entlang rückwärts bewegt und im Zytoplasma erlischt. Hiergegen schrieb KRAMER, dass sich die Akrosomvakuole, obschon die PAS-positive Substanzen wohl im Zytoplasma beobachtet werden, nicht rückwärts bewegt, sondern sie an der Kernwand erdrückt wird. Der Verfasser hat die rückwärtige Bewegung der Akrosomvakuole nicht so deutlich wie in der Angabe von CLERMONT & LEBLOND feststellen können.

C Einteilung des Samenepithelzyklus von KRAMER

Wie weit bekannt ist, werden verschiedene Generationen von Keimzellen in ringsförmigen Schichten im Samenkanälchen angeordnet, wobei zwischen den Entwicklungsstufen der verschiedenen Generationen gesetzmässige Beziehungen bestehen. Beispielsweise wird die meiotische Teilung immer—von der Basalmembran aus gerechnet—in der dritten Schicht beobachtet, und dabei sind die älteren Spermatiden, die eine Zyklusperiode vorher entstanden sind, noch in der vierten Schicht anwesend. Zwischen der meiotischen Teilung und der Transformationsstufe dieser Spermatiden ist eine enge Korrelation vorhanden; nämlich die Meiose findet immer dann statt, wenn die älteren Spermatiden an eine bestimmte Stufe der Entwicklung (z. B. Stadium 13 oder 14 in der Einteilung von KRAMER) gelangt sind. Vom Abschluss der meiotischen Teilung an werden zwei verschiedene Generationen von Spermatiden in demselben Kanälchenquerschnitt gefunden, d. h. die eben genannten älteren und die gerade aus der Meiose entstandenen, ganz jungen Spermatiden. In den früheren Stadien—genau gesagt, Stadien 5~12—ist es unmöglich, dass verschiedene Generationen von Spermatiden gleichzeitig in demselben Kanälchenquerschnitt erscheinen. Man sieht hier ein Vorbild der gesetzmässigen Beziehung, die zwischen den verschiedenen zellularen Schichten bestehen. Die älteren Spermatiden bzw. die ganz jungen Spermatozoen verlassen immer ausnahmslos in dem Moment das Keimepithel, wo die jüngeren Spermatiden das Stadium 4 oder 5 erreichen. Das ist auch ein Vorbild der gegenseitigen Beziehung.

KRAMER legte eine in Abbildung 6-1 wiedergegebene graphische Darstellung zur Erklärung des gesetzmässigen Gegenseitigkeitsverhältnisses zwischen den Entwicklungsstufen der verschiedenen Generationen von Keimzellen vor. In

Abbildung 6-1 kann man den vollständigen Ablauf einer Serie von Veränderungen im Samenepithelzyklus von links nach rechts verfolgen. Falls z. B. die Spermatiden vom Stadium 13 im Samenepithel erscheinen (ganz oben), findet man immer ausnahmslos die folgenden Samenzellen anderer Generationen in demselben Kanälchenquerschnitt: die B-Spermatogonien in der ersten Schicht, die primären Spermatozyten in den Phasen zwischen dem Leptotän und dem Diplotän in der zweiten Schicht, und die meiotischen Bilder in der dritten Schicht. Abbildung 6-2 zeigt die Beziehung zwischen dem Samenepithelzyklus und dem Spermatogenesezyklus, wonach sich die Spermatogonienstammzellen nach Verlauf von 4 Zyklen als die ausgestalteten Spermatozoen aus dem Keimepithel ins Lumen des Kanälchens ausscheiden.

ABBILDUNG 6-1 Einteilung des Samenepithelzyklus beim Bullen von KRAMER

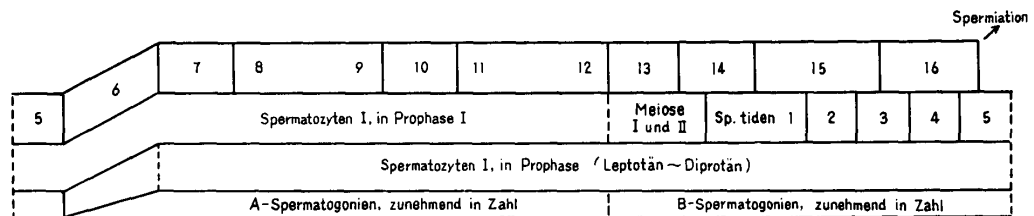


ABBILDUNG 6-2 Beziehung zwischen Samenepithelzyklus und Spermatogenesezyklus



In welchem Moment lässt man die Veränderungen in den zyklischen Prozessen beginnen? Auf diese Frage können grundsätzlich zwei Antworten gegeben werden. Einige Forscher stellen den Beginn unmittelbar nach dem Verschwinden der Spermien aus dem Samenkanälchen (ROOSEN-RUNGE & GIESEL, ORTAVANT^{78,79}), KRAMER), oder gerade vor diesem Moment (MOREE). Andere lassen den Zyklus in dem Augenblick anfangen, wo die Meiose vollendet wird (LEBLOND & CLERMONT⁵³), OAKBERG^{66,67}). KRAMER nahm die erste Auffassung auf und stellte den Anfang des Zyklus in dem Moment, wo alle ausgebildete Spermatozoen aus dem Samenkanälchen verschwinden. Das kommt aus folgenden Gründen:

Kurz nach dem Verschwinden der Spermatozoen treten die A-Spermatogonien in eine neue Teilungsperiode ein, und andererseits beginnen sich die B-Spermatogonien in die primären Spermatozyten zu teilen. Das erste Ereignis d.h. die Teilung der Stammzellen aller anderen Samenzellen ist in der Tat der Beginn der Spermatogenese. Das ist aber keine leicht unterscheidbare Veränderung und ausserdem findet es nicht gleichzeitig in allen Stammzellen statt. Es ist deshalb besser, den Zyklus in dem Moment beginnen zu lassen, wo die Spermiation vollendet

wird.

Der zweite Grund liegt in der Tatsache, dass der Zeitpunkt des Beginns der Meiose beim Bullen so verschieden ist, dass in ein und demselben Querschnitt die primären Spermatozyten, die sekundären Spermatozyten, die Spermatiden vom Stadium 1, ja bisweilen sogar auch die Spermatiden vom Stadium 2 auftreten können. Es ist deswegen unmöglich, den Zeitpunkt des Beginns des Zyklus hier genau anzugeben.

Der dritte Grund findet seinen Ursprung in dem Versuch, den Zyklus auf Grund von der Entwicklungsstufen der Kopfkappe einzuteilen. In dem Kanälchenquerschnitt, der die eben entstandenen jungen Spermatiden enthält, werden immer auch die Spermatiden auf anderer verschiedener Entwicklungsstufen gefunden. In solch einem Kanälchen sieht man z. B. die Spermatiden im Stadium 1, und daneben die anderen im Stadium 2 oder 3, ja sogar auch im Stadium 4. Es ist daher beim Bullen unmöglich, diese frühen Stadien auf die Einteilung des Zyklus anzuwenden; sie kommen zu viel gemengt vor. Es ist deshalb unvermeidlich, den Zyklus mit dem Stadium 5 (eben nach der Spermiation) beginnen und mit dem Stadium 16 (gerade vor der Spermiation) enden zu lassen.

Einige Stadien in der Kopfkappenentwicklung sind so wenig auffallend und dauern so kurz, dass sie aus praktischem Grund nicht als ein Massstab für die Einteilung des Zyklus angewandt werden können. Es sind Stadium 8, 9, 11 und 12. Die Unterschiede zwischen diesen Stadien sind nur durch genaue Untersuchung zu erkennen. Es ist deshalb praktisch, diese 4 Stadien zu 2 zusammenzubringen: Stadium 8-9 und Stadium 11-12.

Es ist, wie eben erwähnt, in der Praxis unmöglich, die frühen Stadien der Kopfkappenentwicklung auf die Einteilung des Zyklus anzuwenden, aber glücklicherweise erscheinen diese Stadien, wie aus Abbildung 6-1 ersichtlich ist, zugleich mit den Stadien 14~16. Man kann deshalb das Vorhandensein dieser frühen Stadien bei der Einteilung des Zyklus völlig ignorieren, weil man anstatt dieser Stadien die späten Stadien 14~16 als die Massstäbe für die Einteilung benutzen kann. Wenn man also diese 4 Stadien ausschliesst und Stadium 8~9 und Stadium 11~12 aufs neue vorbereitet, wird der Samenepithelzyklus beim Bullen in die folgenden 10 Stadien eingeteilt:

Stadium 5, 6, 7, 8~9, 10, 11~12, 13, 14, 15, 16

Der Verfasser hat den Samenepithelzyklus in Anlehnung an die Einteilung von KRAMER in die oben genannten 10 Stadien eingeteilt. Weil es aber in jeder Hinsicht praktisch ist, das Anfangsstadium des Zyklus mit „1“ zu bezeichnen, wurden die folgenden Bezeichnungen gebraucht:

Stadium	5	:	C ₁
	6	:	C ₂
	7	:	C ₃
	8~9	:	C ₄
	10	:	C ₅
	11~12	:	C ₆
	13	:	C ₇
	14	:	C ₈
	15	:	C ₉
	16	:	C ₁₀

IV ZÄHLUNG UND MESSUNG

Wenn verschiedene Probleme über den Zyklus oder die Welle besonders vom quantitativen Gesichtspunkt aus behandelt werden, so handelt es sich notwendigerweise um die Frequenz des Stadiums oder um die Länge des Segments. Die Frequenz jedes Stadiums wird in Prozentsatz ausgedrückt. Dieser Wert steht zur relativen Fortbestandsdauer des Stadiums in Proportion: nämlich wenn die Frequenz eines gewissen Stadiums z. B. 10 % ist, ist das Verhältnis von der Fortbestandsdauer dieses Stadiums zur Dauer eines ganzen Zyklus 10 %. In diesem Sinn ist es von grosser Bedeutung, die Frequenz des Stadiums zu ermitteln.

Zur Bestimmung der Frequenz des Stadiums, unterscheidet man zwischen verschiedenen Stadien der Zellgemeinschaften im Querschnittpräparat und berechnet den Prozentsatz jedes zusammengezählten Stadiums an der Totalzahl aller und jeder beobachteten Stadien. Beim Bullen aber kommt es sehr oft vor, dass zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig in ein und demselben Kanälchenquerschnitt erscheinen. Als was sollen die Zahlen dieser Stadien registriert werden? Obgleich die Kinetik der Spermatogenese beim Bullen ohne Rücksicht auf dieses Problem nicht richtig zu erfassen ist, ist bisher kein Versuch der Lösung dieser Frage angestellt worden.

Vom obenerwähnten Gesichtspunkt aus wurden einige neue Methoden mit der Absicht der Lösung des Problems probiert.

A Zählung des Stadiums

Bei der Beobachtung des Querschnittpräparats mit der Absicht der Ermittlung der Frequenz des Stadiums muss eine Bedingung im voraus erfüllt worden sein, nämlich dass der Befund an einem Kanälchenschnitt unmittelbar mit demjenigen an dem anderen verglichen werden kann. Es ist deswegen zu erwünschen, nur die Kanälchenschnitte von gleicher Sorte zu untersuchen. Als derartiges können nur die Schnitte angemerkt werden, die zur Längsachse des Kanälchens ganz orthogonal sind. Angenommen, dass das Samenkanälchen ursprünglich eine ganz zylindrische Gestalt hat, muss der echte (orthogonale) Querschnitt des Kanälchens einen ganz runden Umriss haben. Beim Schneiden des Hodengewebes aber werden die Tubuli oft schief geschnitten. Hierbei zeigt sich das ursprünglich zylindrische Kanälchen als ein mehr oder weniger elliptischer Querschnitt. Es ist in der Praxis nicht möglich, nur die ganz runden Kanälchenquerschnitte zu gebrauchen, weil solche Schnitte nur sehr selten angetroffen werden können.

Bei einer elliptischen Schnittfläche, die in einem Winkel von -45° (45° in der Runde von rechts nach links) zur Längsachse steht, ist das Verhältnis zwischen seinen beiden Diametern 1 : 1,4. Wenn ein Kanälchen mit einem Winkel von -60°

geschnitten wird, so ist das Verhältnis 1:1,5. In dieser Untersuchung wurden nur die Kanälchenquerschnitte beobachtet, die mit Winkeln zwischen -45° und 90° geschnitten wurden; mit anderen Worten gesagt, nur die Querschnitte, bei denen sich der kürzere Diameter zum längeren wie 1:1,4 oder kleiner verhält.

Bei der Zählung der Stadien gibt es noch eine schwierige Frage. Das ist das Vorhandensein des Stadiums, das zugleich mit einem anderen Stadium oder bisweilen mit zwei oder mehr anderen Stadien in ein und demselben Kanälchenquerschnitt erscheint. Mit Bezug auf die Zählung dieser Stadien wurden die folgenden Methoden probiert.

Die Methoden werden der Erleichterungen halber resp. mit $[M_1]$, $[M_2]$, $[M_3]$ bezeichnet und werden im folgenden immer mit diesen Bezeichnungen gebraucht.

$[M_1]$ Hierbei werden nur die Kanälchenquerschnitte gezählt, worin sich nur ein bestimmtes Stadium zeigt, und die anderen Schnitte werden immer übersehen, worauf zwei oder mehr verschiedene Stadien zugleich vorkommen. Bisher ist ausschliesslich diese Methode gebraucht worden.

$[M_2]$ Falls zwei verschiedene Stadien z.B. Stadium C_1 und Stadium C_2 gleichzeitig in ein und demselben Querschnitt vorkommen, betrachtet man wie folgt: Die beiden Stadien erschienen je $1/2$ Mal. Das gleiche gilt für das gleichzeitige Vorkommen von drei verschiedenen Stadien wie z.B. Stadium C_7 , C_8 , und C_9 ; nämlich die Erscheinenshäufigkeit jedes einzelnen Stadiums wird hier resp. als $1/3$ Mal verzeichnet.

Falls ein Stadium ganz allein in einem Schnitt erscheint, wird auch in dieser Methode selbstverständlich als 1 aufgezeichnet.

In dieser Zählungsweise des Stadiums besteht eine bedeutende Unvernünftigkeit, denn eigentlich ist es ganz unmöglich, dass ein Phänomen $1/2$ oder $1/3$ Mal eintritt. Die Häufigkeit des Eintreffens eines Ereignisses kann, was es auch immer sein mag, nur in der positiven ganzen Zahl ausgedrückt werden. Hiergegen wird das Erscheinen des Stadiums auf diese Zählungsweise in der Bruchzahl ausgedrückt. Noch eine andere Ungenauigkeit hat diese Methode. Mittels dieser Zählungsmethode wird die Erscheinenshäufigkeit des Stadiums immer in dem reziproken Wert der in einem Querschnitt befindlichen Stadien-Zahl ausgedrückt ohne Rücksicht auf den Unterschied in der Zahl zwischen den Samenzellen in jedem betreffenden Stadium. Um es genau zu betrachten, soll die Erscheinenshäufigkeit des Stadiums im Verhältnis zur Zahl der Spermatiden in jedem betreffenden Stadium—in der vorliegenden Untersuchung bedeutet „Stadium des Zyklus“ unmittelbar das Entwicklungsstadium des Spermatids—bestimmt werden. In der Praxis aber ist es kaum möglich, die Zahl der Spermatiden in allen Schnitten mit zwei oder mehr verschiedenen Stadien zu registrieren.

Andererseits aber hat diese Methode einen Vorteil. Ein Stadium z.B. C_1 , welches zugleich mit einem anderen Stadium z.B. C_2 in einem Querschnitt vorkommt, soll nicht unmittelbar mit dem ganz allein in einem Querschnitt erscheinenden Stadium C_1 verglichen werden. Denn hierbei gibt es einen Unterschied in der biologischen Potenz zwischen den beiden Stadien. Angenommen, dass das erstere einer biologischen Potenz

von 1 Einheit bedarf, um ins vollständige Stadium C_2 überzugehen, so hat das letztere für den Uebergang ins vollständige Stadium C_2 2 Einheiten nötig. (Eigentlich soll hier auch ein Unterschied der Zahl zwischen den Spermatiden in den betreffenden verschiedenen Stadien in Betracht gezogen werden, aber es ist wie schon erwähnt fast unmöglich.) Diese beiden Stadien sollen daher vom biologischen Gesichtspunkt aus scharf voneinander unterschieden werden. Diese Methode hat also, vom biologischen Gesichtspunkt aus betrachtet, wohl einen Vorteil.

[M₃] Um die Unvernünftigkeit in [M₂] beseitigen zu können, wurde noch eine andere Methode probiert. Auf einem Standpunkt, dass es überhaupt unmöglich ist, dass ein Phänomen 1/2 oder 1/3 Mal hervorkommt, behandelt man hier alle und jede Stadien ganz gleichmässig, ohne Rücksicht darauf, ob ein Stadium ganz allein oder mit anderen erscheint. Nämlich alle und jede Stadien werden hier ganz gleichmässig als 1 registriert. Aber auch in dieser Methode besteht ein Widerspruch, d.h. hierin wird der Unterschied in der biologischen Potenz völlig übersehen.

Eine jede von den obengenannten Zählungsmethoden hat einen Vorteil und einen Nachteil, aber es gibt eine gegenseitige Beziehung zwischen den Methoden, dass wenn alle die Methoden zugleich angewandt werden, sie sich einander ergänzen.

Bei der Ermittlung der Frequenz des Stadiums in der vorliegenden Untersuchung wurden deshalb alle die 3 Methoden immer zugleich gebraucht, und ebenso wurden auch die dadurch erhaltenen Resultate immer miteinander vergleichend gezeigt.

Falls die Erscheinenshäufigkeit des Stadiums mit [M₂] oder [M₃] gezählt wird, kommt es natürlich sehr oft vor, dass der damit erhaltene Zahlenwert in der Dezimalzahl wie z. B. 12,83 ausgedrückt wird. Solch einen Zahlenwert einfach „Zahl der beobachteten Stadien“ zu nennen, kann zu Missverständnissen Anlass geben, weil es eigentlich unmöglich ist, die Zahl der beobachteten Stadien in der Dezimalzahl auszudrücken. Deshalb wird ein Ausdruck „Verhältnis der Zahl der beobachteten Stadien“ gebraucht. Derselbe Ausdruck findet auch auf [M₁] Anwendung, um die gebrauchten Ausdrücke zu vereinheitlichen.

B Zählung des Segments

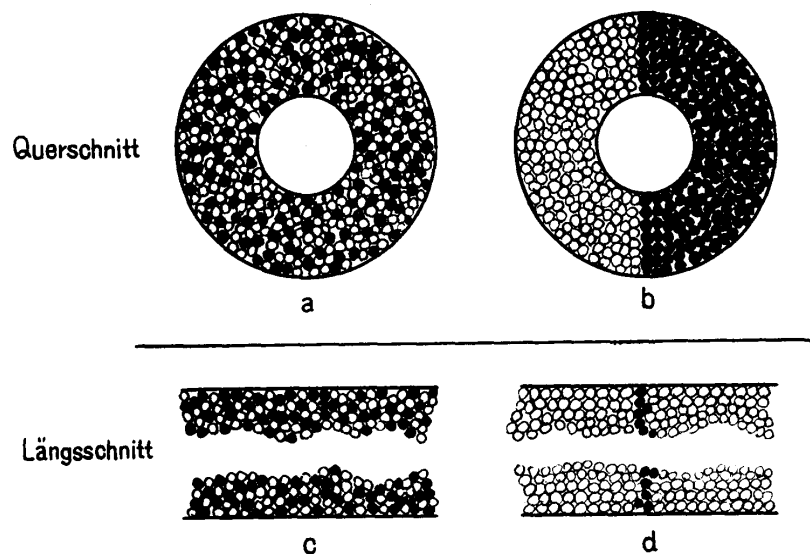
Das Segment wird grundsätzlich nach der wiederholten Reihe der Segmentnummer (d. h. C_1 , C_2 , ..., C_{10} , C_1 , C_2 usw.) die Kanälchenlängsachse entlang angeordnet. In Wirklichkeit aber wird diese Reihenfolge oft in Unordnung gebracht, und dadurch wird es verursacht, dass die Frequenz, in der das Segment in jedem Stadium an der Kanälchenlängsachse entlang hervortritt, voneinander verschieden ist.

Mit der Absicht der Ermittlung dieser Frequenz wurde die Zählung des Segments im Längsschnittpräparat ausgeführt.

Auch bei der Zählung des Segments ist ganz dieselbe Schwierigkeit wie bei der Zählung des Stadiums vorhanden: Auf welche Weise soll das Segment behandelt werden, worin zwei oder mehr verschiedene Stadien erscheinen? In solch einem Segment vermischen sich die Spermatiden von verschiedenen Stadien völlig miteinander, dass keine Grenzlinie zwischen ihnen gezogen werden kann. Hier soll es nebenbei bemerkt werden, dass es einen Unterschied in der Form der gemeinsamen Existenz der verschiedenen Stadien in ein und demselben Schnitt zwischen dem Querschnittpräparat und dem Längsschnittpräparat gibt.

Beim Querschnittpräparat handelt es sich um zweierlei Formen, wie es in Abbildung 7 a und b gezeigt werden. In a werden die beiden Stadien (genau gesagt, die Spermatiden in zwei verschiedenen Stadien) völlig miteinander vermengt, aber in b lagern die beiden Stadien auf gegenüberliegenden Seiten mit einer deutlichen Grenzlinie. In c ist die Form der gemeinsamen Existenz wesentlich

ABBILDUNG 7 *Gemeinsame Existenz der verschiedenen Stadien in ein und demselben Schnitt*



ganz dieselbe wie in a. In d dringt eine kleine Spermatidengruppe in einem Stadium in die andere Gruppe der Spermatiden ein, aber hierbei kann eine Grenzlinie zwischen den beiden Gruppen gefunden werden. Wie klein dieses begrenzte Gebiet auch sein mag, soll das dennoch „Segment“ genannt werden.

Also ist die Form der gemeinsamen Existenz der verschiedenen Stadien im Querschnittpräparat vielfältig, dagegen beim Längsschnittpräparat immer gleichartig.

Es ist hier auf folgende Möglichkeit achtzugeben: Wenn ein Kanälchen, wie es in b gezeigt wird, longitudinal abgeschnitten wird, so ist es nicht unmöglich, dass auf der Längsschnittfläche nur ein Stadium erkannt wird, obgleich das betreffende

Kanälchen eigentlich zwei verschiedene Stadien enthält. In der Praxis aber muss die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens solch eines Ereignisses sicher nicht hoch sein. Deshalb braucht man das kaum in Betracht zu ziehen.

Die Zählung des Segments im Längsschnittpräparat wurde auf dieselbe Weise wie bei der Zählung des Stadiums ausgeführt, und ebenso wie bei der Zählung des Stadiums wurde ein Ausdruck „Verhältnis der Zahl der beobachteten Segmente“ gebraucht. Auch hier wird jede Zählungsmethode resp. mit $[M_1]$, $[M_2]$, $[M_3]$ bezeichnet.

C Messung der Länge des Segments

Jedes Segment im Längsschnitt ist an seiner Länge sehr verschieden. Die Messung der Länge des Segments, woraus die Samenepithelwelle besteht, muss uns einige sehr wichtige Kenntnisse von der Welle bringen. Von diesem Gesichtspunkt aus wurde die Messung der Länge des Segments im Längsschnittpräparat unmittelbar unter dem Mikroskop mittels des Mikrometers ausgeführt. Hier liegt auch eine Schwierigkeit: Wie soll das Segment behandelt werden, worin zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig erscheinen? Für die Lösung dieser Frage wurde es versucht, die schon erwähnte Zählungsmethode des Stadiums auf die Messung der Segmentlänge anzuwenden. Auch hierbei wurden die Bezeichnungen $[M_1]$, $[M_2]$, $[M_3]$ gebraucht.

$[M_1]$ Hier handelt es sich ausschliesslich um das Segment, worin nur ein bestimmtes Stadium erscheint.

$[M_2]$ Falls z. B. zwei verschiedene Stadien zugleich in einem z. B. 60μ langen Segment erscheinen, wird die räumliche Länge eines jeden von diesen Stadien resp. als 30μ ($=60/2$) aufgezeichnet. Kommen 3 verschiedene Stadien in einem 60μ langen Segment vor, wird die räumliche Länge resp. als 20μ ($=60/3$) registriert.

Mit dieser Methode wird die ganze Länge eines Segments durch die Zahl der in dem betreffenden Segment erscheinenden Stadien immer in gleiche Teile dividiert ohne Rücksicht auf den Unterschied in der Zahl zwischen den Spermatiden in den betreffenden Stadien. Um es genau zu betrachten, soll die Länge des Segments, worin sich verschiedene Stadien zeigen, im Verhältnis zur Zahl der Spermatiden in jedem betreffenden Stadium dividiert werden. In der Praxis aber ist es wie schon erwähnt fast unmöglich.

Abgesehen von der obengenannten Ungenauigkeit, hat diese Methode einen Vorteil. Hierin wird Rücksicht auf einen Unterschied in der biologischen Potenz zwischen einem ganz allein erscheinenden Stadium und dem von anderem begleiteten, identischen Stadium genommen. Dieselben Verhältnisse waren schon bei der Zählung der Stadien eingehend erklärt.

Andererseits besteht in der Methode ein bedeutender Widerspruch. Es ist eigentlich unmöglich, die Länge eines Segments zu dividieren, weil die gemeinsame Existenz von zwei oder mehr verschiedenen Stadien in ein und demselben Segment, wie vorerwähnt, ausschliesslich darauf hinweist, dass sich diese Stadien miteinander völlig vermischen,

dass keine Grenze zwischen ihnen gefunden werden kann.

[M₃] Falls z.B. 3 verschiedene Stadien in einem z.B. 60 μ langen Segment vorkommen, wird die räumliche Länge eines jeden von diesen Stadien resp. als 60 μ registriert. Hierbei wird der Unterschied in der biologischen Potenz nicht in Betracht gezogen, aber so kann der Widerspruch in [M₂] beseitigt werden.

Bei der Messung der Segmentlänge wurden alle die obigen Methoden immer zugleich angewandt, und die dadurch erhaltenen Ergebnisse wurden immer miteinander vergleichend vorgelegt.

D Modifizierte Einteilung des Samenepithelzyklus von KRAMER

In der Einteilung des Samenepithelzyklus von KRAMER handelt es sich um 10 Stadien. Diese Einteilung ist aber für die praktische Anwendung auf die Diagnose verschiedenartiger pathologischer Veränderungen des Hodens noch etwas zu umständlich. Das gilt besonders für die Einteilung der Entwicklungsstufen der Spermatiden in der Reifungsperiode. Im Vergleich mit den Veränderungen der Kopfkappe vom Anfang der Kappe-Periode bis zum Ende der Akrosom-Periode sind diejenigen in der Reifungsperiode viel weniger auffallend, und daher sind die Stadien in der betreffenden Periode in der Praxis nur schwer voneinander zu unterscheiden. Wenn man die durch Anwendung dieser Klassifikation erhaltenen Untersuchungsergebnisse über die Frequenz des Stadiums oder die Länge des Segments statistisch analysieren will, dann wird die Rechnung bei der statistischen Analyse wegen einer zu grossen Zahl der untergeteilten Stadien in dieser zu umständlichen Klassifikation sehr beschwerlich gemacht werden. Es ist deshalb zu erwünschen, die Zahl der eingeteilten Stadien zu vermindern, um die betreffende Einteilung zu vereinfachen.

Aus diesem Grunde wurde es versucht, verschiedenerlei Untersuchungsergebnisse, die durch die Anwendung der originalen Einteilung von KRAMER gewonnen wurden, z.B. 10 verschiedene Zahlenwerte bezüglich der Frequenz des Stadiums ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) auf folgende Weise zu 5 verschiedenen Zahlenwerten zusammenzubringen: $C_1 + C_2 \rightarrow A_1$, $C_3 + C_4 \rightarrow A_2$ usw. Dadurch muss die statistische Analyse der erhaltenen Daten viel leichter gemacht werden. Um ein Missverständnis zu vermeiden, ist es hinzuzufügen: Die Modifizierung der originalen Einteilung meint nicht, dass die praktische Beobachtung des Zyklus oder der Welle mit Hilfe von der modifizierten Einteilung ausgeführt wurde, sondern nur, dass die Beobachtung immer auf Grund der originalen Einteilung durchgeführt wurde, aber die dadurch erhaltenen Untersuchungsergebnisse auf die modifizierte Einteilung hin analysiert wurden.

Die Beziehung zwischen der originalen Einteilung und der modifizierten ist wie folgt:

Stadium	5	:	$C_1 >$	A_1
	6	:	C_2	
	7	:	$C_3 >$	A_2
	8~9	:	C_4	
	10	:	$C_5 >$	A_3
	11~12	:	C_6	
	13	:	$C_7 >$	A_4
	14	:	C_8	
	15	:	$C_9 >$	A_5
	16	:	C_{10}	

Zweiter Teil

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE UND DISKUSSIONEN

I FREQUENZ DES STADIUMS IM SAMENEPITHELZYKLUS

Wenn man viele Kanälchenschnitte im Querschnittpräparat beobachtet, merkt man, dass die Kanälchenquerschnitte mit einem gewissen Stadium häufiger als diejenigen mit anderem Stadium angetroffen werden. Ausserdem bemerkt man, dass die Erscheinenshäufigkeit eines Stadiums nicht nur durch das Individuum sondern auch zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres verschieden ist. Unter „Frequenz eines Stadiums“ versteht man die Prozentzahl der beobachteten Kanälchenquerschnitte mit dem betreffenden Stadium an der Totalzahl aller und jeder gefundenen Kanälchenquerschnitte.

Was die Bedeutung der Frequenz des Stadiums anbelangt, so wird heute allgemein angenommen, dass die Frequenz eines Stadiums zur relativen Fortbestandsdauer, die das betreffende Stadium in der ganzen Dauerzeit eines Zyklus einnimmt, in Proportion steht. Also, wenn man auf irgendeine Weise die absolute Dauerzeit eines Zyklus genau messen kann, so kann man aus der Frequenz jedes Stadiums die absolute Fortbestandsdauer jedes betreffenden Stadiums berechnen. In der Tat kann man heute schon die absolute Dauerzeit des Spermatogenesezyklus bei einigen Tierarten durch Untersuchung mittels der X-Strahlen oder des Radioisotops genau messen (Rind: DAWSON, KOEFOED-JOHNSEN^{50,51}) ORGEBIN et al., HOCHEREAU⁴²); Schafbock: DAWSON, ORTAVANT⁷⁷); Ratte: FOGG & COWING, SHAVER^{93,94}); Maus: HERTWIG, OAKBERG⁶⁷). Diese Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Dauer des Spermatogenesezyklus bei jeder Tiergattung unabhängig von den Individuen etwa konstant aufrechterhalten ist (Rind: ORTAVANT⁷⁹) AMANN⁴), HOCHEREAU⁴¹); Schafbock: ORTAVANT^{78,79}); Ratte: LEBLOND & CLERMONT⁶⁰); Maus: OAKBERG⁶⁷). Obwohl bis heute manche Untersuchungen über die Frequenz des Stadiums bei einigen Tierarten publiziert worden sind (Rind: ORTAVANT⁷⁹) KRAMER, AMANN^{4,5}), HOCHEREAU⁴¹); Schafbock: ORTAVANT^{78,79}); Ratte: ROOSEN-RUNGE & GIESEL, LEBLOND & CLERMONT⁶⁰); Maus: OAKBERG⁶⁷)), ist es jetzt noch nicht so leicht, eine übereinstimmende Meinung über die Frequenz des Stadiums beim Bullen zu finden. Nach den Meinungen von einigen Autoren (ORTAVANT⁷⁹), AMANN⁴) HOCHEREAU⁴¹) lässt die Frequenz des Stadiums fast keine nennenswerte Schwankung durch das Individuum erkennen. Daraus zieht ORTAVANT⁷⁸) einen Schluss, dass der Samenepithelzyklus „se déroule avec une extrême rigidité“. Andererseits aber ist die Frequenz des Stadiums nach der Meinung von KRAMER nicht nur bei jedem Tier, sondern auch in den beiden Hoden ein und desselben Tieres und sogar auch an verschiedenen Orten eines

Testikels sehr verschieden.

Ebenso wie beim Bullen findet man auch bei der Ratte die gegensätzlichsten Schlussfolgen über die Frequenz des Stadiums. Nach ROSEN-RUNGE & GIESEL lässt die Frequenz eine grosse Variation durch das Individuum erkennen (varies within wide limits), aber nach LEBLOND & CLERMONT⁶⁰⁾ gibt es keine solche Schwankung.

Von den obenerwähnten Gesichtspunkten aus wurde die Signifikanz der Differenz der Frequenz durch das Individuum oder zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres usw. statistisch geprüft.

Bevor die Frequenz des Stadiums ermittelt wird, muss eine grundlegende und notwendige Vorbedingung erfüllt worden sein. Zunächst muss eine bestimmte Antwort darauf gegeben werden, ob ebensolche Zellgemeinschaften, wie es KRAMER beim normalen Bullen beobachtete, denn auch bei unseren Fällen gefunden werden können. Angenommen, dass der Samenepithelzyklus bei unseren Tieren stark gestört und infolgedessen gar keine Zellgemeinschaft wie beim Normalen erkannt werden kann, so ist es unmöglich, die Einteilung des Samenepithelzyklus beim Normalen unmittelbar auf unsere Fälle anzuwenden, und die Frequenz des Stadiums bei den betreffenden Tieren auf dieselbe Weise wie beim Normalen zu bestimmen. Die morphologischen Veränderungen in der Zellgemeinschaft bei unseren Tieren lassen keine Abweichung von dem erkennen, was von KRAMER übers Normale angegeben wurden. Wenn der Samenepithelzyklus bei den Tieren vom Normalen ganz abweichend wäre, so hat es unbedingt irgendeine abnormale Veränderung der Zellgemeinschaft zur Folge. Beispielsweise erscheinen die meiotischen Bilder beim Normalen immer vom Ende des Stadiums C_6 bis zum Anfang des Stadiums C_8 . Ganz dieselbe Beziehung zwischen dem Stadium und dem Erscheinen der meiotischen Bilder wurde auch bei unseren Fällen erkannt. Wenn der Zyklus bei den Tieren schon gestört sein sollte, könnte sich eine andere, abnormale Beziehung zeigen, nämlich z. B. das Hervortreten der Meiose im Stadium C_4 oder C_{10} . Aber es wurde in keinem Fall gefunden. Die Tatsache, dass die Zellgemeinschaft bei den betreffenden Tieren keine Abnormalität erkennen lässt, wird später im Kapitel über die Samenepithelwelle noch ausführlicher erklärt werden.

Was die allgemeinen histologischen Bilder des Hodengewebes anbelangt, so wurde gar keine nennenswerte Veränderung beobachtet. Die Grösse und Gestalt des Samenkanälchens, die morphologischen Veränderungen der Keimzellen und der Sertoli'schen Fusszellen, und die Struktur des Interstitialgewebes sind alle normal. Bisweilen aber wurden die pyknotische Veränderung der Keimzellen und die Entstehung der polykernigen Riesenzellen beobachtet. Die Kanälchen mit diesen degenerierten Keimzellen aber können nur sehr selten angetroffen werden. Wenn es auch zufällig gefunden werden konnte, konnten in der Regel nur ein paar

degenerierte Zellen im Kanälchenschnitt aufgesucht werden. Man mag urteilen, dass das Vorhandensein dieser degenerierten Keimzellen bei den betreffenden Tieren keine grosse Bedeutung hat, weil die Zahl der Keimzellen im Samenkanälchen bei den Tieren, wie später erwähnt, keine bedeutende Abweichung vom Normalen zeigt, und weil sogar auch beim Normalen die Anwesenheit der degenerierten Keimzellen eine sehr gewöhnliche Erscheinung ist (Rind: KRAMER; Schafbock: ORTAVANT⁷⁸⁾; Ratte: ALLEN, ALLEN & ALTLAND, ROOSEN-RUNGE⁸⁸⁾; Maus: OAKBERG⁶⁷⁾).

Nach KNUDSEN⁴⁶⁾ sind die primären Spermatozyten gegen die Reize bzw. Noxen von aussen her unter allerart Semenzellen am wenigsten widerstandsfähig. Der Autor schreibt, dass das allererste Anzeichen der Degeneration des Samenepithels in den primären Spermatozyten erscheint, wobei die Vakuolisierung des Zytoplasmas und die darauffolgende Veränderung der Kernspindel hervortreten. Weil die Kernspindeln nicht mit der Feulgen-PAS-Methode gefärbt werden können, konnte die Veränderung der Spindel in der vorliegenden Untersuchung nicht festgestellt werden. Die Vakuolisierung des Zytoplasmas, das Vorzeichen der Degeneration der Spindel, konnte aber nicht beobachtet.

A Frequenz des Stadiums ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$)

Das Verhältnis der Zahl der beobachteten Stadien bei jedem Tier in jedem

TABELLE 7-1 *Verhältnis der Zahl der beobachteten Stadien
—bei Anwendung von $[M_i]$*

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	6	26	8	2	4	7	13	8	10	25
	D_2	9	19	4	1	2	3	22	2	20	53
B_2	D_1	0	14	6	1	1	11	10	1	21	62
	D_2	2	13	1	0	0	4	10	0	11	37
B_3	D_1	8	30	7	1	3	16	15	2	20	43
	D_2	1	47	7	6	3	11	3	1	14	49

B : Individuum

D_1 : rechtseitiger Hoden

D_2 : linkseitiger Hoden

Im folgenden werden dieselben Bezeichnungen gebraucht.

TABELLE 7-2 Verhältnis der Zahl der beobachteten Stadien
—bei Anwendung von $[M_2]$

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	12,83	35,33	17,50	10,50	11,16	10,66	21,58	16,41	18,41	30,58
	D_2	18,58	34,73	20,83	12,16	10,91	7,66	29,58	21,41	41,91	61,83
B_2	D_1	11,66	31,08	17,16	11,08	12,25	21,00	16,33	12,33	37,08	70,58
	D_2	11,00	23,33	7,25	7,41	10,25	13,58	16,33	5,33	18,66	40,83
B_3	D_1	17,16	46,00	24,16	23,66	23,83	35,33	32,66	17,33	36,33	48,66
	D_2	22,03	75,52	29,95	32,61	31,33	33,11	18,83	11,66	27,16	55,33

TABELLE 7-3 Verhältnis der Zahl der beobachteten Stadien
—bei Anwendung von $[M_3]$

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	20	45	29	21	20	15	32	26	28	37
	D_2	29	53	41	27	23	13	38	43	66	71
B_2	D_1	26	52	31	26	28	34	23	24	54	80
	D_2	31	36	18	20	26	26	24	11	27	45
B_3	D_1	28	65	45	52	50	57	51	34	54	55
	D_2	43	105	56	63	63	57	36	23	41	62

TABELLE 8 χ^2 -Test der Frequenz des Stadiums ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$)
bei jedem Tier in jedem Hoden

	UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ ZWISCHEN DEN BEIDEN HODEN EIN UND DESSELBEN TIERES		INDIVIDUELLER UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ IN DEN HODEN VON EIN UND DERSELBEN SEITE	
$[M_1]$	B_1	22,52**	D_1	39,75**
	B_2	10,15		
	B_3	28,72**	D_2	59,07**
$[M_2]$	B_1	11,37	D_1	35,23**
	B_2	5,77		
	B_3	13,17	D_2	51,94**
$[M_3]$	B_1	13,79	D_1	46,18**
	B_2	14,39		
	B_3	24,53**	D_2	69,08**

FG = 9

$\chi^2_0(0,01) = 21,66$

$\chi^2_0(0,05) = 16,91$

** : Signifikanz $P < 0,01$

* : Signifikanz $P < 0,05$

FG = 18

$\chi^2_0(0,01) = 34,80$

$\chi^2_0(0,05) = 28,86$

Im folgenden werden dieselben Bezeichnungen gebraucht.

Testikel wird in Tabellen 7-1, 2, 3 eingetragen.

Um es festzustellen, ob die Unterschiede in der Verteilung der Frequenz zwischen jedem Tier und zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres signifikant oder nicht sind, wurden die in den Tabellen gezeigten Ergebnisse durch χ^2 -Test geprüft (Tab. 8).

Wie aus Tabelle 8 ersichtlich ist, ist der Unterschied in der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres bei Anwendung von $[M_1]$ und $[M_2]$ in der Regel nicht signifikant. Aber die Verteilung der Frequenz in den Hoden von ein und derselben Seite lässt bei Anwendung aller und jeder Zählungsmethoden immer einen signifikanten Unterschied durch das Individuum erkennen.

B Frequenz des Stadiums ($A_1, A_2, \dots, A_5$)

Wie schon bemerkt, ist es bisweilen schwierig, die originale Einteilung von KRAMER auf die Ermittlung der Frequenz des Stadiums anzuwenden. Wenn man z. B. die Differenz der Frequenz zwischen je zwei Stadien durch den χ^2 -Test prüfen will, so wird man dazu gezwungen, denselben Test 45 Mal wiederholt durchzuführen; denn die Totalzahl aller möglichen Kombinationen, wobei je zwei aus allen 10 Stadien ($C_1 \sim C_{10}$) herausgezogen werden, beträgt ja 45 (${}_{10}C_2 = \frac{10!}{2! 8!}$). Wenn man den Test in der Tat angestellt hätte, dann würde man 45 verschiedenerlei Differenzen im einzelnen diskutieren müssen. Es verwirrt nur die Frage und hat auch keine grosse Bedeutung.

Aber wenn man die Zahl der eingeteilten Stadien zu 5 ($A_1 \sim A_5$) zusammenbringt, so ist die Totalzahl aller möglichen Kombinationen von je 2 Stadien aus allen 5 höchstens 10 (${}_5C_2 = \frac{5!}{2! 3!}$). Hierbei ist es nicht so schwierig, die Differenz der Frequenz zwischen je 2 Stadien durch den χ^2 -Test zu prüfen. Und gerade dabei wird es von grosser Bedeutung sein, die Frequenz jedes Stadiums miteinander zu vergleichen.

Aus diesen Gründen wurden die Zahlenwerte an allen Stadien ($C_1 \sim C_{10}$) in Tabellen 7-1~3 auf folgende Weise in 5 Stadien ($A_1 \sim A_5$) gesammelt:

$$\begin{aligned} A_1 &= C_1 + C_2 \quad (\text{z. B. in } [M_1] \text{ B}_1 \text{ D}_1 \quad 32 = 6 + 26) \\ A_2 &= C_3 + C_4 \\ &\vdots \\ A_5 &= C_9 + C_{10} \end{aligned}$$

Die Resultate des χ^2 -Tests der somit erhaltenen Daten werden in Tabelle 9 eingetragen.

TABELLE 9 χ^2 -Test der Frequenz des Stadiums ($A_1, A_2, \dots, A_5$)
bei jedem Tier in jedem Hoden

	UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ ZWISCHEN DEN BEIDEN HODEN EIN UND DESSELBEN TIERES		INDIVIDUELLER UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ IN DEN HODEN VON EIN UND DERSELBEN SEITE	
[M ₁]	B ₁	15,54**	D ₁	21,81**
	B ₂	6,24		
	B ₃	11,14*	D ₂	35,44**
[M ₂]	B ₁	7,19	D ₁	33,14**
	B ₂	4,30		
	B ₃	12,73*	D ₂	48,26**
[M ₃]	B ₁	9,06	D ₁	36,19**
	B ₂	5,87		
	B ₃	15,88**	D ₂	70,16**

FG = 4

$$\chi^2_0(0,01) = 13,27$$

$$\chi^2_0(0,05) = 9,48$$

FG = 8

$$\chi^2_0(0,01) = 20,09$$

$$\chi^2_0(0,05) = 15,50$$

Im Vergleich der Resultate in Tabelle 9 mit denjenigen bei Anwendung der originalen Einteilung von KRAMER (Tab. 8) ist es deutlich, dass die beiden Untersuchungsergebnisse im allgemeinen miteinander gleichlaufend sind.

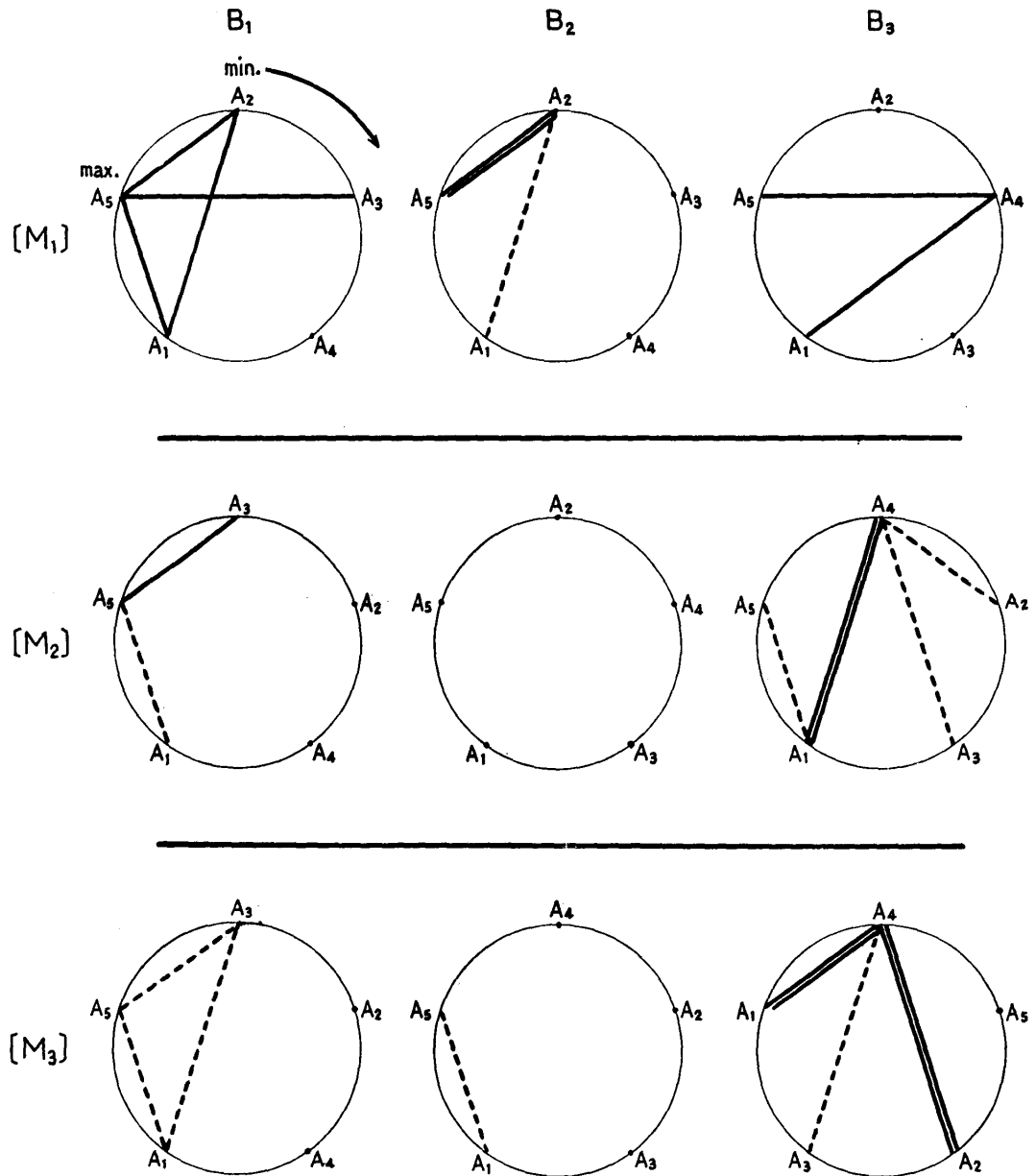
Die Prüfungsergebnisse der Signifikanz der Differenz in der Frequenz zwischen je zwei Stadien werden in Abbildung 8 eingetragen.

Aus allen den vorgelegten statistischen Prüfungsergebnissen werden die folgenden Schlussfolgerungen gezogen:

1) Der Unterschied in der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres lässt sich bei Anwendung einer bestimmten Zählungsmethode der beobachteten Stadien als signifikant erkennen aber mit den anderen Methoden nicht. Nämlich, wenn man nur die ganz allein im Kanälchenquerschnitt erscheinenden Stadien zählt, dann wird immer ein signifikanter Unterschied erkannt; aber wenn man auch die Stadien zählt, die zugleich mit anderen Stadien in ein und demselben Schnitt erscheinen, dann wird in der Regel kein signifikanter Unterschied erkannt.

Mit Bezug auf die Signifikanz des betreffenden Unterschieds sind die Untersuchungsergebnisse bei Anwendung der originalen Einteilung von KRAMER und diejenigen bei Anwendung der modifizierten Einteilung im allgemeinen miteinander gleichlaufend aber mit der einzigen Ausnahme von B₃ (Tab. 8 & 9).

2) Der individuelle Unterschied der Verteilung der Frequenz in den Hoden von ein und derselben Seite wird unabhängig von der Zählungsmethode der Stadien

ABBILDUNG 8 Differenz der Frequenz zwischen
je zwei Stadien— χ^2 -Test


FG = 1

$$\chi^2_0(0,001) = 10,82$$

$$\chi^2_0(0,01) = 6,63$$

$$\chi^2_0(0,05) = 3,84$$

immer als signifikant erkannt. In dieser Hinsicht sind die Untersuchungsergebnisse mittels der originalen Einteilung von KRAMER und diejenigen mittels der modifizierten immer miteinander gleichlaufend.

3) Was die Differenz der Frequenz zwischen je zwei Stadien anbelangt, so kann man gar keine Gesetzmässigkeit finden, die auf alle drei Tiere und auf alle Zählungsmethode anwendbar ist. Nämlich die Differenz zwischen irgendwelchen zwei Stadien ist bei dem einen Tier wohl signifikant aber bei dem anderen nicht; die Differenz zwischen irgendwelchen zwei Stadien bei ein und demselben Tier ist bei Anwendung einer Zählungsmethode wohl signifikant aber bei Anwendung der anderen nicht.

C Diskussion

Wie vorerwähnt sind die miteinander im Gegensatz stehenden Meinungen darüber vorhanden, ob es denn keinen signifikanten Unterschied in der Verteilung der Frequenz des Stadiums durch das Individuum und zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres gibt. Aber hier muss man darauf achten, dass die von den schon genannten Voruntersuchern angewandten Klassifikationen des Samenepithelzyklus nicht alle gleich sind, und dass die Untersuchungsergebnisse mittels einer Klassifikation von denjenigen mittels der anderen verschieden sind.

ORTAVANT und seine Anhänger (AMANN und HOCHEREAU), die der Meinung sind, dass die Frequenz des Stadiums keine nennenswerte individuelle Variation erkennen lässt, gebrauchten eine Klassifikation, wonach sich der Samenepithelzyklus auf einige besonders bemerkenswerte Veränderungen in den spermatogenetischen Vorgängen wie z. B. Meiose, Spermiation usw. hin in 8 Stadien einteilt.

Aber nach KRAMER, der die Schwankung der Frequenz durch das Individuum und durch die beiden Hoden ein und desselben Tieres ausdrücklich hervorhebt, wird der Samenepithelzyklus auf Grund der Entwicklungsstufen des Akrosom-Systems im Spermatid in 10 Stadien eingeteilt.

Die Untersuchungsergebnisse von den obengenannten Voruntersuchern werden in Tabelle 10 gezeigt.

Ob es eine wesentliche Beziehung zwischen den angewandten Methoden und den damit erhaltenen Ergebnissen gibt, ist eine sehr wichtige und schwere Frage.

In der Einteilung von ORTAVANT und seinen Anhängern ist die Zahl der eingeteilten Stadien 8 und bei KRAMER 10. Angenommen, dass die Dauer eines Zyklus bei einer Tierart immer konstant aufrechterhalten ist, muss die durchschnittliche Fortbestandsdauer jedes einzelnen Stadiums in einer jeden von diesen beiden Einteilungen voneinander etwas verschieden sein. Es gibt noch einen anderen Unterschied zwischen den beiden Einteilungen.

In der ersteren wird ein Merkmal für die Unterscheidung zwischen jeder

TABELLE 10 Vergleich der Untersuchungsergebnisse von Voruntersuchern
über die Frequenz des Stadiums beim Bullen
(zitiert aus HOCHEREAU)

STADIUM	ORTAVANT $\pm S_M$	KRAMER*	HOCHEREAU $\pm S_M$	AMANN $\pm S_M$
1	27,5 $\pm$ 1,7	30,3	30,9 $\pm$ 0,6	27,59 $\pm$ 0,66
2	13,9 $\pm$ 1,8	5,3	16,1 $\pm$ 0,4	9,15 $\pm$ 0,32
3	20,8 $\pm$ 1,6	9,0	17,0 $\pm$ 0,4	19,01 $\pm$ 0,99
4	11,6 $\pm$ 1,4	19,9	10,4 $\pm$ 0,2	11,23 $\pm$ 0,88
5	2,0 $\pm$ 0,6		1,6 $\pm$ 0,1	3,96 $\pm$ 0,3
6	6,4 $\pm$ 1,0	22,6	6,3 $\pm$ 0,2	8,39 $\pm$ 0,53
7	7,3 $\pm$ 1,0		7,5 $\pm$ 0,3	8,78 $\pm$ 0,16
8	10,5 $\pm$ 0,7	12,7	10,8 $\pm$ 0,2	10,91 $\pm$ 0,57

* von HOCHEREAU korrigierter Mittelwert aus 6 Tieren (12 Hoden)

Zellgemeinschaft bald auf eine zellmorphologische Veränderung wie z. B. Meiose bald auf eine kinetische Veränderung wie z. B. Spermiation gelegt. Bei der letzteren dagegen wird immer nur einerlei Veränderung d. h. der Entwicklungsvorgang des Akrosom-Systems im Spermatid als der einzige Massstab für die Einteilung des Zyklus benutzt. Ist es denn nicht möglich, dass solche Unterschiede zwischen den beiden Massstäben für die Bestimmung der Frequenz des Stadiums (mit anderen Worten gesagt, für Messung der relativen Fortbestandsdauer des Stadiums) mehr oder weniger einen Einfluss auf ein zu erhaltendes Ergebnis ausübt? Kann man hier nicht annehmen, dass die Fortbestandsdauer eines jeden Entwicklungsstadiums des Akrosom-Systems im Spermatid—in der Einteilung von KRAMER handelt es sich hierum—innerhalb einer breiten Grenze schwankt, aber dagegen die Fortbestandsdauer eines jeden Veränderungsstadiums der Zellgemeinschaft mit Einschluss der Spermatiden—bei ORTAVANT und seinen Anhängern handelt es sich hierum—nicht so schwankend wie die erstere ist?

Aber es gibt noch eine andere Frage, die nicht in der ebenerwähnten Annahme erklärt werden kann. Es sind die Untersuchungsergebnisse der Frequenz des Stadiums bei der Ratte.

LEBLOND & CLERMONT⁶⁰⁾, die die Frequenz des Stadiums bei der Ratte mittels derselben Klassifikation wie bei KRAMER untersuchten, erwähnten, dass die Verteilung der Frequenz des Stadiums bei allen den untersuchten Tieren ungefähr gleich ist. Aber nach ROOSEN-RUNGE & GIESEL, welche dieselbe Klassifikation wie bei ORTAVANT gebrauchten, lässt die Frequenz des Stadiums bei der Ratte eine grosse individuelle Variation erkennen. Nämlich, die beim Bullen erkannte Beziehung zwischen der angewandten Methode und dem damit erhaltenen Ergebnis kehrt sich

bei der Ratte gerade um. Diese Verschiedenheit ausschliesslich dem Unterschied der Spezies des untersuchten Tieres zuzuschreiben, scheint dem Verfasser zu oberflächlich zu sein. Also ist es jetzt notwendig, von anderen Gesichtspunkten aus von den Untersuchungsergebnissen der Voruntersucher zu handeln.

KRAMER prüfte die erhaltenen Daten über die Frequenz des Stadiums durch χ^2 -Test. Daraufhin erwähnte er, dass die Verteilung der Frequenz signifikante Unterschiede zwischen den Individuen, zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres und sogar auch zwischen verschiedenen Orten ein und desselben Hodens erkennen lässt (bei allen den Fällen $P < 0,01$); daraus schliesst er, dass die relative Fortbestandsdauer des Stadiums nicht immer konstant aufrechterhalten ist. Hiergegen zeigen die beobachteten Werte der Frequenz (%) in den von ORTAVANT, AMANN und von HOCHEREAU vorgelegten Untersuchungsergebnissen, soweit es der Verfasser durchsieht, in der Tat keine grosse individuelle Variation. Aber alle die Angaben schweigen vom Unterschied in der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres. Ausserdem sind die individuellen Variationen in diesen Angaben durch Mittelwerte und deren Standardfehler aus den beobachteten (und nicht transformierten) Werten ausgedrückt (Tab. 10). Aber die Prozentzahlen werden eigentlich ohne Transformation nicht normal verteilt, und daher ist es, genau gesagt, gewagt, einen Mittelwert und dessen Standardfehler unmittelbar aus den nicht transformierten Prozentzahlen zu berechnen.

Jetzt kommen die folgenden in Frage: Zum mindesten wieviele Kanälchenquerschnitte muss man für Bestimmung der Frequenz beobachten, und von welchen Orten des Hodens muss man die Gewebestückchen dafür entnehmen?

HOCHEREAU⁽¹⁾ stellte die Minimalzahl der nötigen Querschnitte für Determination der Frequenz des Stadiums fest und teilte mit: Keine signifikante Differenz wurde erkannt, zwischen der Frequenz, die durch die Beobachtung von 150 Querschnitten im ganzen erhalten wird, und derjenigen, die durch die Beobachtung von mehr als 150 erhalten wird. Dieser Autor ermittelte auch die Frequenz des Stadiums an verschiedenen Orten ein und desselben Hodens. Dabei wurden 6 Gewebestückchen im ganzen in der Nähe vom Rete testis und dicht unter der Tunica albuginea entnommen. Aber die Differenz durch die verschiedenen Orte wurde nicht als signifikant erkannt.

Dahingegen ergibt die Ermittlung von VISSER ganz andere Resultate. Dieser Forscher bestimmte die Frequenz des Stadiums 6 in der Klassifikation von KRAMER an 6 verschiedenen Gewebestückchen, die in ein und demselben Hoden unmittelbar unter der Tunica albuginea aus verschiedenen Orten heraus entnommen wurden. Er fand in den verschiedenen Gewebestückchen folgende Frequenzen:

34,5 %	(in 319 Querschnitten im ganzen)		
24	(in 419	"	)
17	(in 613	"	)
19	(in 509	"	)
23	(in 423	"	)
12	(in 804	"	)

Es ist schwer, die Untersuchungsergebnisse von den obengenannten beiden Autoren über die Differenz der Frequenz des Stadiums zwischen verschiedenen Orten eines Hodens miteinander zu vergleichen, weil die von ihnen gebrauchten Klassifikationen des Samenepithelzyklus voneinander verschieden sind, und weil die Mitteilung von VISSER nicht von der Minimalzahl der nötigen Querschnitte für die Bestimmung der Frequenz des Stadiums spricht. Die von VISSER beobachtete Totalzahl der Querschnitte jedoch ist aller Wahrscheinlichkeit nach nicht zu gering. Ist es dann nicht möglich, die Verschiedenheit der erhaltenen Untersuchungsergebnisse zwischen den beiden Autoren auf den Unterschied der angewandten Klassifikation des Zyklus zurückzuführen ?

Kurz gesagt, es scheint dem Verfasser, als ob eine Ursache der Nichtübereinstimmung der Konklusion über das Vorhandensein der Variation der Frequenz in dem Unterschied der gebrauchten Klassifikationen des Zyklus bestand. Aber dies ist natürlich keine endgültige Schlussfolge. Um die Frage gründlich lösen zu können, ob es denn eine wesentliche Beziehung zwischen der angewandten Einteilung des Zyklus und dem damit gewonnenen Ergebnis gibt, bedarf es der zukünftigen, genauen vergleichenden Untersuchung über die beiden Einteilungen.

Wenn man von unseren eigenen Untersuchungsergebnissen handelt, muss man die folgenden immer in Betracht ziehen: Auf der heutigen Stufe der Untersuchung der Frequenz des Stadiums ist es noch nicht möglich, die von dem Verfasser gewonnenen Untersuchungsergebnisse beim abnormalen Bullen unmittelbar mit den vorerwähnten Resultaten beim Normalen zu vergleichen, und daraus eine gewisse deutliche Konklusion über die Kinetik der Spermatogenese der Bullen mit Asthenospermie zu ziehen; denn es gibt heute noch, wie schon immer wieder erwähnt, keine übereinstimmende Meinung über das Vorhandensein der Variation der Frequenz beim Bullen, weder beim Normalen, geschweige denn beim Abnormalen.

Abgesehen von den erwähnten Umständen, können zwei hauptsächliche Tatsachen aus unseren eigenen Untersuchungsergebnissen gezogen werden.

Zunächst kann die Signifikanz des Unterschieds in der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden eines Tieres dadurch beeinflusst werden, auf welche Weise die Stadien gezählt werden.

Zweitens wird der Unterschied der Verteilung der Frequenz zwischen den

Individuen unabhängig von der gebrauchten Zählungsweise immer als signifikant erkannt.

Die erste Tatsache kann vielleicht wie folgt erklärt werden. Die Zählungsweise, worauf nur die ganz allein in dem Querschnitt erscheinenden Stadien gezählt werden, ist ganz dieselbe wie die von KRAMER angewandt. Bei Anwendung dieser Zählungsweise (d. h. $[M_1]$) lässt die Verteilung der Frequenz, ebenso wie bei KRAMER, einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres erkennen. Aber wenn man die Zählungsweise $[M_2]$ oder $[M_3]$ anwendet, worauf nicht nur das ganz allein erscheinende Stadium sondern auch das von anderen Stadien begleitete Stadium gezählt werden — KRAMER wandte diese Zählungsweise nicht an —, zeigt der Unterschied der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden eine Neigung dazu, sich nicht mehr als signifikant erkennen zu lassen. Also nähern sich die damit erhaltenen Untersuchungsergebnisse eher den Angaben von ORTAVANT und seinen Anhängern als derjenigen von KRAMER. Die Zahl der eingeteilten Stadien in der Klassifikation von KRAMER ist 8, aber bei ORTAVANT und den anderen 10. Deshalb kann man die miteinander gemengten verschiedenen Stadien, die man in der Klassifikation von KRAMER nirgendswo unterbringen kann, unter irgendeinem Stadium in der Klassifikation von ORTAVANT einordnen. Kann man hierbei nicht annehmen, dass die Fortbestandsdauer eines jeden Stadiums in der Klassifikation von ORTAVANT, wie schon bemerkt, nicht so schwankend wie diejenige in der Klassifikation von KRAMER ist?

Der Verfasser hat schon erwähnt, dass die Divergenz der Meinung über die Frequenz des Stadiums auf den Unterschied der gebrauchten Einteilungsmethode des Zyklus zurückzuführen sein könnte. Diese Vermutung und die obenerwähnte Tatsache scheinen dem Verfasser zueinander zu passen.

Wie kann man dann die zweite Tatsache erklären, dass die Verteilung der Frequenz in den Hoden von ein und derselben Seite, welche Zählungsweise auch immer angewandt werden mag, immer einen signifikanten Unterschied durch das Individuum erkennen lässt? Das ist sehr schwer zu beantworten. Der Verfasser kann nur folgende Antwort darauf geben: Der Unterschied der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres ist höchstens in dem Masse gross, dass er durch die Zählungsweise des Stadiums beeinflusst wird, aber hiergegen ist der Unterschied zwischen den Individuen so gross, dass er nicht durch die Zählungsweise beeinflusst werden kann.

Die Variabilität der Frequenz des Stadiums (der relativen Fortbestandsdauer des Stadiums) zu ausdrücklich hervorzuheben, führt aber zur Verneinung des Samenepithelzyklus an sich. Denn das Vorhandensein einer bestimmten Zahl von Zellgemeinschaft weist schon auf die regelmässigen und zyklischen Veränderungs-

vorgänge des Samenepithels hin. Wenn die Frequenz des Stadiums (die relative Fortbestandsdauer des Stadiums) so stark schwankt, dass keine Gesetzmässigkeit an dem Masse der Schwankung erkannt werden kann, dann ist es unmöglich, dass das Samenepithel einen zyklischen Veränderungsvorgang erkennen lässt

Beispielsweise findet man im Stadium C₂ die Zellgemeinschaft aus folgenden Generationen von Keimzellen: A-Spermatogonien, primäre Spermatozyten in der Prophase, und Spermatiden im letzten Stadium der Kappe-Periode. Hierbei ist es überhaupt nicht möglich, dass man einer Zellgemeinschaft wie z.B. aus den B-Spermatogonien, den primären Spermatozyten in der Metaphase, und den Spermatiden im letzten Stadium der Kappe-Periode begegnet. Wenn aber die Fortbestandsdauer der Spermatiden im letzten Stadium der Kappe-Periode aussergewöhnlich lang werden sollte, dann könnte solch eine seltsame Zellgemeinschaft, wie es eben gemerkt wurde, angetroffen werden. Wenn man die Variabilität der Frequenz des Stadiums behaupten will, darf man deswegen wie folgendes sagen: Die Frequenz des Stadiums kann wohl schwanken aber innerhalb der Grenze, wo die Schwankung keinen erheblichen Einfluss auf die ganze Dauer des Samenepithelzyklus ausübt. Dass die relative Fortbestandsdauer des Stadiums nur innerhalb einer bestimmten Grenze schwanken kann, wird später im Kapitel über die Samenepithelwelle noch eingehender erklärt werden. Und es wird auch später verdeutlicht werden, dass dann, wenn die relative Fortbestandsdauer des Stadiums so konstant wie von ORTAVANT betont aufrechterhalten ist, die Störung der Welle hervorgebracht werden kann.

Die von dem Verfasser angewandte Einteilung des Samenepithelzyklus ist dieselbe wie bei KRAMER, und in diesem Sinn muss es möglich sein, die Untersuchungsergebnisse von dem Verfasser mit denjenigen von KRAMER zu vergleichen. Aber die beiden Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Verteilung der Frequenz sowohl zwischen den Individuen als auch zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres verschieden ist. Deswegen kann man, insoweit man die Vergleichung der beiden betreffenden Untersuchungsergebnisse versuchen will, nur von dem Unterschied zwischen den einzelnen Hoden handeln. Mit anderen Worten gesagt, wird es nicht erlaubt, einen Mittelwert aus allen Tieren oder aus allen Hoden von ein und derselben Seite zu nehmen und diese Mittelwerte miteinander zu vergleichen, denn die Unterschiede durch das Individuum und durch den Hoden ein und derselben Seite sind nach den beiden Untersuchungen signifikant.

Aber hier darf man die folgenden Verhältnisse in Betracht ziehen. Die von den beiden Autoren gezogenen Konklusionen, dass die Verteilung der Frequenz des Stadiums sowohl zwischen den Individuen als auch zwischen den beiden Hoden

eines Tieres unterschiedlich ist, könnte möglicherweise nur darauf zurückgeführt werden, dass die Auseinandersetzung aller möglichen Faktoren, wodurch die Frequenz des Stadiums beeinflusst werden kann (obwohl man noch keine Kenntnisse davon hat, können höchstwahrscheinlich Tierrasse, Alter, Häufigkeit der Zuchtverwendung usw. als solche Faktoren genannt werden) nicht sorgfältig genug angestellt worden sind.

Von den Untersuchungsergebnissen der beiden Autoren aus betrachtet, ist es eigentlich nicht möglich, einen Mittelwert der Frequenz aus allen untersuchten Tieren zu nehmen. Aber wenn man die oben angemarkten Verhältnisse in Betracht nimmt, dürfte es erlaubt werden, die Mittelwerte zu nehmen und sie miteinander zu vergleichen. Also wurde eine Durchschnittsfrequenz jedes Stadiums aus allen Tieren genommen, und hinsichtlich dieses Werts wurde die Vergleichung der betreffenden Untersuchungen gemacht. Zunächst wurden alle beobachtete Werte der Frequenz in die Arcsine ($\sin^{-1}\sqrt{\text{Prozent}}$) transformiert, und dann wurde ein Durchschnitt aus den transformierten Frequenzen eines jeden Stadiums genommen. Die Vergleichung wurde hinsichtlich der Vertrauensgrenze ($P > 95\%$ und $P > 99\%$) des Mittelwerts angestellt (Tab. 11).

TABELLE 11 Vergleich der Untersuchungsergebnisse über die Frequenz des Stadiums von dem Verfasser mit den von KRAMER

	VERTRAUENSGRENZE (95%)		VERTRAUENSGRENZE (99%)	
	KRAMER (12 Hoden)	Verfasser (6 Hoden)	KRAMER (12 Hoden)	Verfasser (6 Hoden)
C ₁	5,6 $\geq$ m $\geq$ 3,6 %	7,2 $\geq$ m $\geq$ 0,3	6,0 $\geq$ m $\geq$ 3,2	10,7 $\geq$ m $\geq$ 0
C ₂	19,5 $\geq$ m $\geq$ 15,4	28,2 $\geq$ m $\geq$ 12,0	20,3 $\geq$ m $\geq$ 14,6	33,6 $\geq$ m $\geq$ 8,5
C ₃	9,7 $\geq$ m $\geq$ 6,8	6,7 $\geq$ m $\geq$ 2,2	10,3 $\geq$ m $\geq$ 6,3	8,4 $\geq$ m $\geq$ 1,3
C ₄	6,2 $\geq$ m $\geq$ 4,5	2,9 $\geq$ m $\geq$ 0,08	6,6 $\geq$ m $\geq$ 4,2	4,4 $\geq$ m $\geq$ 0
C ₅	4,8 $\geq$ m $\geq$ 3,4	3,4 $\geq$ m $\geq$ 0,22	5,1 $\geq$ m $\geq$ 3,1	5,0 $\geq$ m $\geq$ 0,01
C ₆	6,0 $\geq$ m $\geq$ 3,6	10,3 $\geq$ m $\geq$ 3,6	6,7 $\geq$ m $\geq$ 3,2	12,8 $\geq$ m $\geq$ 2,3
C ₇	22,5 $\geq$ m $\geq$ 17,6	16,1 $\geq$ m $\geq$ 4,6	23,6 $\geq$ m $\geq$ 16,7	20,4 $\geq$ m $\geq$ 2,5
C ₈	12,1 $\geq$ m $\geq$ 9,4	4,3 $\geq$ m $\geq$ 0,04	12,6 $\geq$ m $\geq$ 8,9	6,7 $\geq$ m $\geq$ 0
C ₉	13,1 $\geq$ m $\geq$ 10,2	15,9 $\geq$ m $\geq$ 10,3	13,7 $\geq$ m $\geq$ 9,7	17,7 $\geq$ m $\geq$ 8,8
C ₁₀	14,4 $\geq$ m $\geq$ 10,7	47,9 $\geq$ m $\geq$ 26,5	15,2 $\geq$ m $\geq$ 10,0	54,2 $\geq$ m $\geq$ 21,1

⊙ : Die beiden Grenzen liegen nicht übereinander.

Die Tabelle zeigt die Untersuchungsergebnisse bei Anwendung der Zählungsmethode [M₁].

Das 0 (Null) bedeutet das Vorhandensein des Hodens, worin die betreffenden Stadien nicht beobachtet werden konnten.

Was den Unterschied zwischen den beiden Untersuchungsergebnissen in Tabelle

11 anbelangt—obwohl solche Vergleichung, wie oft gesagt, sehr problematisch ist—, handelt es sich um die Verschiedenheiten in der Frequenz von C_3 , C_4 , C_5 , C_7 , C_8 und von C_{10} . Man darf diese Nichtübereinstimmung der beiden Untersuchungsergebnisse nicht ohne weiteres mit dem Unterschied zwischen den untersuchten Tieren in Verbindung bringen; denn wir haben heute noch, wie schon bemerkt, keine Kenntnisse von den Faktoren, die einen Einfluss auf die Frequenz des Stadiums ausüben. Aber zugleich kann man auch nicht aussagen, dass die von dem Verfasser erhaltenen Untersuchungsergebnisse über die Frequenz keine wesentliche Beziehung mit der Asthenospermie hat. Jedenfalls bedarf es, um diese Frage lösen zu können, der künftigen Untersuchung.

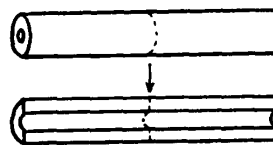
II MORPHOLOGISCHE BEOBACHTUNG DER SAMENEPITHELWELLE

Bei der Beobachtung des Isolierungspräparats des Samenkanälchens findet man, wie sich verschiedene Zellgemeinschaften nach der Reihenfolge der fortlaufenden Nummer des Stadiums längs der Längsachse des Kanälchens nebeneinander reihen. Alle diese im Längsschnitt beobachteten Zellgemeinschaften werden „Segment“ genannt (PEREY et al.). Jede Zellgemeinschaft wird mit der Nummer des Stadiums bezeichnet, worunter die betreffende Zellgemeinschaft gehört, und somit werden die Segmente in der vorliegenden Untersuchung mit den Bezeichnungen $A_1, A_2, \dots, A_5$ oder mit $C_1, C_2, \dots, C_{10}$ versehen. In diesem Kapitel werden verschiedene morphologische Veränderungen in der Welle beschrieben.

A Verschiedene morphologische Veränderungen in der Samenepithelwelle

(1) Segment Das Segment ist wie schon geschrieben die Zellgemeinschaft, die sich in einer gewissen Länge längs der Kanälchenlängsachse erstreckt. Auf Kanälchenquerschnitt zeigt sich die Zellgemeinschaft als eine von der Basalmembran umgebene Samenzellgruppe. Die ursprüngliche Gestalt der Zellgemeinschaft ist deswegen eben so zylindrisch wie ein Bambusrohr. Also, wenn man ein Kanälchen longitudinal schneidet, so findet man auf der Schnittfläche, wie in Abbildung 9 gezeigt, die in zwei Reihen oben und unten aufgestellten rechteckigen Zellgemeinschaften. Wenn die Samenepithelwelle auf Grund der Einteilung des Zyklus von KRAMER beobachtet wird, so handelt es sich um 10 verschiedene Segmente. Bei der morphologischen Beobachtung der Welle oder bei der Messung der Segmentlänge ist die genaue Differenzierung zwischen diesen verschiedenen Segmenten immer ein wichtiges Problem. Es ist aber allgemein gesagt nicht so schwer, die Segmente voneinander zu unterscheiden und eine gewisse Grenzlinie zwischen den nebeneinander liegenden Segmenten zu finden. Wie früher bemerkt aber sind die Veränderungen der Spermatiden in der Reifungsperiode nicht so bemerkenswert wie in den früheren Perioden, und deswegen ist es im allgemeinen nicht so leicht, die Segmente, die unter den Stadien in der Reifungsperiode (d. h. $C_6 \sim C_{10}$) gehören, voneinander scharf zu unterscheiden.

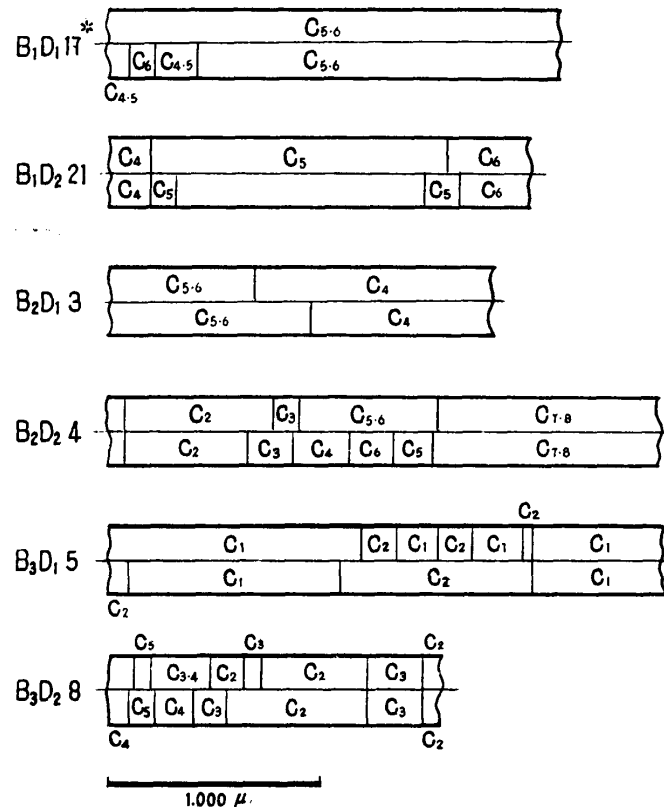
ABBILDUNG 9 Segment



Wenn ein Segment eine ganz zylindrische Gestalt hat, muss es sich auf seiner Längsschnittfläche als etwas schon beschriebenes zeigen; d. h. die in zwei Reihen aufgestellten, gleich langen, rechteckigen Zellgemeinschaften. Aber bei einem missgestaltet zylindrischen Segment muss es auf seinem Längsschnitt in verschiedenen komplizierten Gestalten zum Vorschein kommen. Einige Beispiele bei solchen Fällen sind in Abbildung 10 angeführt (In Wirklichkeit schlängelt sich das

Kanälchen sehr stark, aber hier ist es der Erleichterungen halber in einer gerade verlängerten rechteckigen Form gezeigt).

ABBILDUNG 10 Segmente mit verschiedener Gestalt



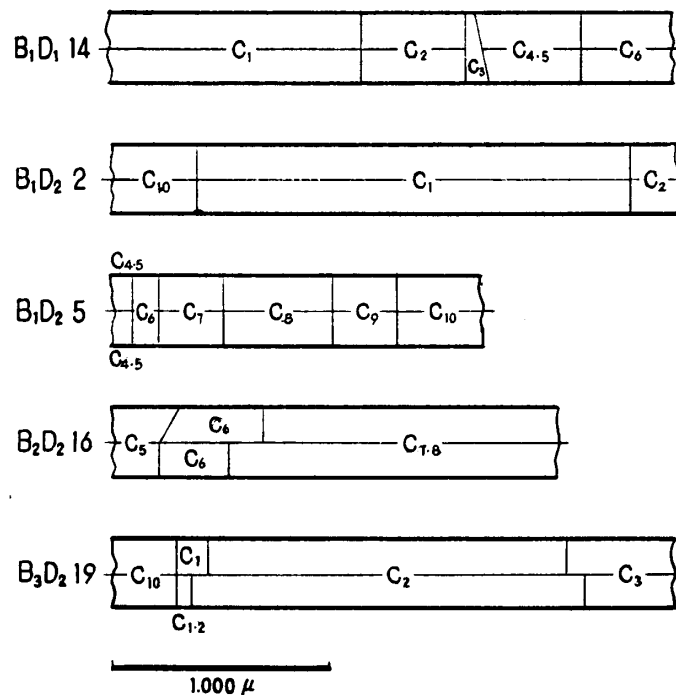
* Nummer des Präparats

Wie in Abbildung 10 gesehen, kommt es sehr oft vor, dass die beiden Teile ein und desselben Segments (genau gesagt, ein Teil eines Segments auf einer oberen Hälfte des Längsschnitts eines Kanälchens und ein anderer Teil desselben Segments auf der unteren Hälfte desselben Kanälchens—im folgenden nur „die beiden Teile eines Segments“ oder nur „die beiden Seite eines Kanälchenlängsschnitts“ geschrieben) an ihrem Ort und an ihrer Länge und Gestalt sehr verschieden sind. Infolgedessen wird man oft dazu gezwungen, von der Anordnung der beiden Teile ein und desselben Segments unabhängig voneinander zu handeln, obwohl es natürlich zu dem eigentlichen Wesen des Segments im Widerspruch steht. Das Vorhandensein des Segments mit solcher komplizierten Gestalt ist bei den betreffenden Fällen vielmehr sehr gewöhnlich: In 129 Querschnitten von allen beobachteten 174 wurde solche unregelmässige Anordnung des Segments beobachtet.

Wie schon immer wieder bemerkt, können oft 2 oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig in ein und demselben Segment erkannt werden. Auf welche Art sich die Spermatiden in diesen Stadien in einem Segment vermischen, wurde schon eingehend beschrieben. Die Auftretenshäufigkeit derartigen Segments beträgt etwa 25% von allen beobachteten Segmenten. Die in Abbildung 11 gezeigten Segmente, die mit zwei nebeneinanderstehenden Nummer versehen sind, gehören alle unter derartige Segmente.

(2) Kontinuität der Nummer des Segments Wenn man die Nummernfolge einer Reihe von aufeinanderfolgenden Segmenten besichtigt, bemerkt man, dass zwei nebeneinander angrenzende Segmente, ausgenommen C_1 und C_{10} , fast immer mit den konsekutiven Nummern versehen sind. Aber C_1 und C_{10} kann man auch,

ABBILDUNG 11 *Kontinuität der Nummer des Segments*



ebenso wie alle andere Segmente, als die aneinander angrenzenden Segmente ansehen, weil diese Segmente resp. das Anfangs- und Endsegment in der Welle sind. Beim Bullen ist es sehr schwierig, ein langes Samenkanälchen ohne Verletzung zu isolieren, und daher ist es auch nur sehr selten zu hoffen, in einem Längsschnittpräparat allerlei Segmente zu beobachten. Aber angenommen, dass man alle die Kanälchenstückchen in Abbildung 11 wieder zu einem langen Kanälchen zusammenbringt, so wird man finden, wie sich die Segmente prinzipiell nach der wiederholten Reihe der fortlaufenden Nummern aneinander reihen, d. h.

nach der Reihe von $C_1, C_2, \dots, C_{10}, C_1, C_2$, usw. Derartige regelmässige Anordnung der Segmente wird als „Kontinuität der Nummer des Segments“ bezeichnet (PEREY et al.).

Hier soll eine wichtige Frage gestellt werden. Wenn man die Nummernfolge des Segments vom Rete testis aus betrachtet: In welcher Reihe folgen die Segmentnummern aufeinander, in aufsteigender Reihe oder in absteigender? Es ist schon von früher her bekannt, dass die Segmentnummer bei der Ratte, vom Rete testis aus gerechnet, in absteigender Reihe aufeinanderfolgen (CURTIS, PEREY et al.). Das bedeutet aber nicht, dass das dem Rete testis am nächsten liegende Segment immer das letzte Stadium des Zyklus zeigt. Das bedeutet ausschliesslich, dass sich die Segmente, welches Stadium das dem Rete testis am nächsten liegende Segment auch immer zeigen mag—auch das Stadium dieses Segments erfährt die zyklische Veränderung—immer in absteigender Reihe ihrer Nummern aneinander reihen.

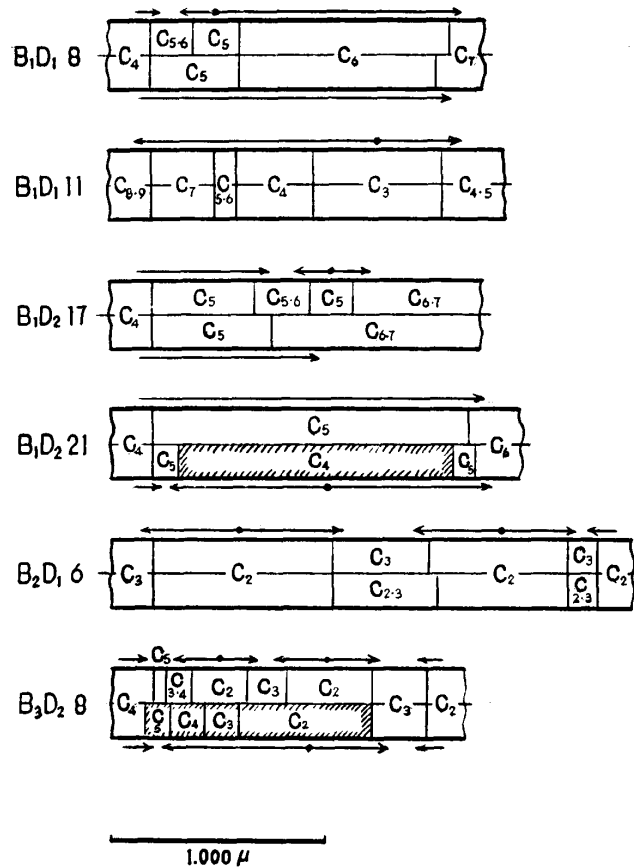
Beim Bullen bleibt dieses Problem heute noch ungelöst stehen, und auch in der vorliegenden Untersuchung konnte keine bestimmte Antwort auf diese Frage gegeben werden, weil, wie schon geschrieben, alle Versuche immer misslingen, die Tubuli contorti mit der Einmündung ins Rete testis zu isolieren und sie ohne Verletzung zu präparieren.

(3) Unregelmässigkeiten in der Anordnung des Segments Wie vorerwähnt kann man annehmen, dass auch beim Bullen die Grundform der Anordnung des Segments ebenso regelmässig wie bei der Ratte und der Maus ist. In Wirklichkeit aber wird die Anordnung so oft gestört, dass man die Grundform oft übersieht.

(a) Modulation der Nummernfolge des Segments Grundsätzlich reihen sich die Segmente nach der wiederholten Reihe der fortlaufenden Nummer aneinander, aber in der Praxis kommt es sehr oft vor, dass sich diese Reihe, wie aus Abbildung 12 ersichtlich ist, auf dem Wege des Fortgangs der Welle plötzlich umkehrt. Aber hierbei ist die Kontinuität der Nummer an sich trotz der Umkehrung der Nummernfolge immer fest aufrechterhalten. Solch ein Phänomen wird als Modulation der Nummernfolge des Segments (oder kurz als Modulation) bezeichnet (PEREY et al.). Die Modulation wird bei einem Fall an zwei aneinander angrenzenden Segmenten erkannt (Abb. 12 z. B. $B_1 D_1 8$, $B_1 D_2 17$ und $B_1 D_2 21$), aber bei anderen Fällen können drei oder mehr Segmente der Modulation unterworfen werden (z. B. $B_3 D_2 8$). Bei unseren Fällen ist die Modulation eine sehr gewöhnliche Erscheinung; von allen beobachteten 174 Kanälchen wurde es in 142 (etwa 82%) gefunden.

Auch bei der Modulation handelt es sich um den Unterschied der Segmentanordnung zwischen den beiden Seiten ein und desselben Kanälchenlängsschnitts; z. B. in $B_1 D_1 8$ wird die Modulation nur auf einer Seite des Kanälchenschnitts gefunden, und in $B_3 D_2 8$ wird ein grosser Unterschied im Typus der Modulation

ABBILDUNG 12 Modulation der Nummernfolge des Segments

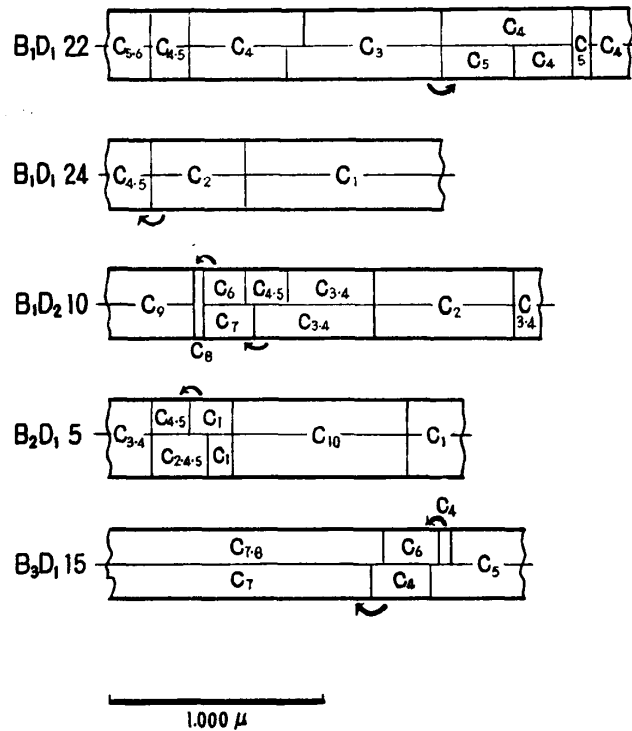


zwischen den beiden Seiten erkannt.

(b) Uebersprung der Nummer des Segments Bei der Modulation handelt es sich nur um die Umkehrung der Nummernfolge des Segments ohne Unterbrechung der Kontinuität der Nummer. Hier kommt aber die Unterbrechung der Kontinuität der Nummer an sich in Frage. In derartiger Irregularität der Segmentsanordnung grenzt ein mit einer gewissen Nummer versehenes Segment an dem anderen an, das mit einer unerwarteten grösseren (oder kleineren) Nummer versehen ist; nämlich z. B. nach der Reihenfolge C₁, C₃, C₄ usw.

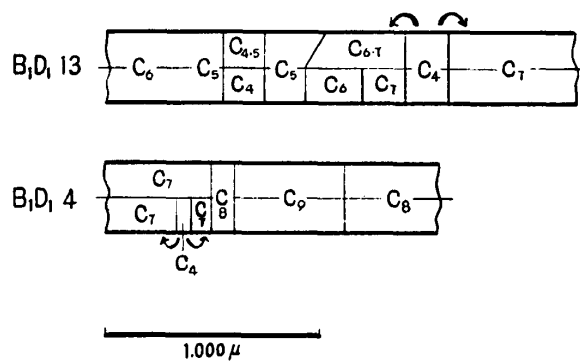
Der Verfasser hat solch einer unregelmässigen Segmentsanordnung einen Namen „Uebersprung der Nummer des Segments“ (oder kurz „Uebersprung“) gegeben. Wenn einmal der Uebersprung stattfindet, so kann die Kontinuität der Segmentsnummer selbstverständlich nicht mehr aufrechterhalten werden (Abb. 13 z. B. B₁D₂ 10 und B₃D₁ 15). Hier auch darf es nicht übersehen werden, dass ein Unterschied im Typus des Uebersprungs zwischen den beiden Seiten eines Kanälchenlängsschnitts vorhanden ist.

ABBILDUNG 13 Uebersprung der Nummer des Segments



Wenn der Uebersprung von einem Segment aus nach den beiden Richtungen des Kanälchens stattfindet, dann wird das Segment, woraus der Uebersprung entstand, ohne unmittelbare Verbindung mit den Nachbarsegmenten ebenso ganz allein wie eine abgelegene Insel zurückgelassen. Solch einem Segment hat der Verfasser einen besonderen Namen „Insel“ gegeben (Abb. 14).

ABBILDUNG 14 Insel



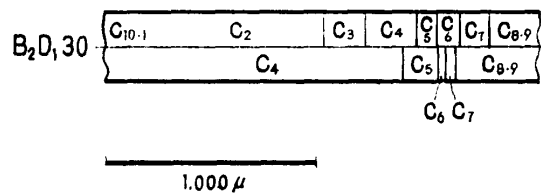
Auch an dem Vorkommen der Insel wird ein Unterschied zwischen den beiden Seiten eines Kanälchenschnitts erkannt: In B₁D₁ 13 erscheint eine Insel als ein vollständig gestaltetes Segment, das sich über die beiden Seiten des Schnitts

erstreckt, aber in $B_1 D_1 4$ wird die Insel nur auf einer Seite gefunden.

Die Erscheinung des Uebersprungs mit Einschluss der Insel findet nicht so häufig wie die Modulation statt. Von allen 174 beobachteten Kanälchenlängsschnitten wurde es nur in 27 (etwa 15,5 %) beobachtet.

(4) Samenepithelwelle Die klassischen Voruntersucher fassten die Samenepithelwelle als eine vollständige Serie von Veränderungen der Segmente auf, die an der Längsachse entlang ganz regelmässig aufeinander folgen. Der Verfasser hat deshalb versucht, die Welle aufzufinden, worin sich allerlei Segmente ohne Modulation oder Uebersprung ganz regelmässig anordnen. Es war aber nicht möglich, weil es wie schon wiederholt bemerkt äusserst schwer war, ein genügend langes Kanälchen, um allerlei Segmente zu enthalten, zu isolieren, und es ohne Verletzung zu präparieren. Obwohl eine fast vollständige Welle in einem Längsschnittpräparat gefunden wurde (Abb. 15), wurde hierin auch ein grosser Unterschied der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten des Schnitts erkannt.

ABBILDUNG 15 Eine fast vollständige Welle



Unter den Umständen, dass die Modulation oder Uebersprung wie vorerwähnt in fast allen Längsschnittpräparaten gefunden wird, ist es sehr schwer, die Samenepithelwelle genau zu definieren. In der Untersuchung der Welle bei der Ratte beobachteten PEREY et al. die oft wiederholten Modulationen. Diese Autoren schrieben: „It is possible to define a wave under these conditions, if we merely ignore all segments involved in modulation. The wave is then a series of adjacent segments which includes the 14 possible types, in addition to any segment which may be involved in modulation“.

Bei unseren Fällen aber ist die Definition der Welle noch schwerer als bei den obengenannten Autoren, weil anderartige Unregelmässigkeiten als die Modulation d. h. der Uebersprung, das Vorhandensein des Segments mit zwei oder mehr verschiedenen Stadien, und noch dazu der Unterschied der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten ein und desselben Kanälchenschnitts sehr gewöhnlich gefunden werden. Alle diese Unregelmässigkeiten sind aber beim Bullen ja sogar auch beim Normalen, wie später eingehend beschrieben, vielmehr als eine banale Erscheinung. Daher könnten einige von den Irregularitäten in der Segmentsanordnung bei unseren Fällen als eine Variation innerhalb der physiologischen

Grenze erklärt werden. Also mag man hier annehmen, dass die Grundform der Samenepithelwelle bei unseren Fällen keine wesentliche Abweichung von dem erkennen lässt, was von PEREY et al. bei der Ratte beobachtet wurde.

B Diskussion

Es war VON EBNER, der zum erstenmal einen Begriff „Samenepithelwelle“ bildete. 1871 beobachtete er das Samenkanälchen der Ratte seiner Längsachse entlang und fand die Tatsache, dass verschiedene Typen von Zellgemeinschaft in einer Art der Welle nach einer bestimmten Reihenfolge wiederholt erscheinen. Später (1888) mass er die Länge einer Welle bei der Ratte und erhielt eine Durchschnittslänge von 3,2 cm. Unter allen anderen Forschern, die die Welle bei verschiedenen Tierarten untersuchten (BENDA: Maus, Meerschweinchen, Kaninchen, Bulle, Schafbock, Schwein, Hund und Katze; FÜRST: Beuteltier; SCHOENFELD: Bulle) war es REGAUD, welcher die Welle der Ratte untersuchte, der die Befunde seiner Vorgänger durch seine auffallende Aussage ausdrücklich hervorhob: „Was als der Zyklus mit der Zeit geschieht, erscheint als die Welle im Raum“. Ausserdem erklärte er, dass die Länge der Welle zur Dauer des Zyklus in Proportion steht, und dass die Welle an der Kanälchenwand entlang spiral fortschreitet. Als ein Beweisgrund dafür brachte er die Tatsache bei, dass bei der Ratte die Bündel der Schwänze der Spermatozoen im Samenkanälchen immer ein Turbine-artiges Muster bilden. Obwohl die Konklusionen von REGAUD nur aus indirekten Beweisgründen ohne Hilfe der Messung der Segmentslänge gezogen wurden, gibt es heute noch keine übereinstimmende Meinung über die Hypothese.

Die erste objektive Untersuchung der Welle wurde von CURTIS angestellt. Er untersuchte die Maus und das Kaninchen mittels einer Methode, wonach man viele Querschnitte ein und desselben Kanälchens im Serienquerschnittpräparat beobachtet und aus den dadurch erhaltenen Befunden die ursprünglichen Veränderungsbilder der Welle schliesst. Er stellte fest, dass die Segmentsnummern, vom Rete testis aus gerechnet, in absteigender Reihe aufeinanderfolgen. Ausserdem teilte er ausführlich verschiedene Unregelmässigkeiten in der Segmentsanordnung mit.

Auch über die Entstehungsursache der Welle sind bisher verschiedene Theorien von einigen Autoren bei ein paar Tierarten aufgestellt worden. CLELAND beobachtete in seiner Untersuchung der Welle des Meerschweinchens die aussergewöhnlich häufige Modulation, und wurde dazu geführt: Man darf lieber annehmen, dass sich an der Kanälchenwand entlang viele „Zentren“ befinden, woraus die Welle entsteht und nach den beiden Richtungen der Kanälchenlängsachse fortschreitet, als dass die Welle, wie allgemein angenommen worden ist, vom Rete testis aus betrachtet, immer nach der einzigen Richtung aber oft die Modulation erfahrend fortgeht. Auch KRAMER, der die häufige Modulation beim

Bullen beobachtete, setzte wie bei CLELAND das Vorhandensein des Zentrums voraus. Nach der Angabe von CLERMONT & PEREY über die Ratte werden die A-Spermatogonien schon gerade nach der Geburt im Samenkanälchen hie und dort gefunden. Nach CLERMONT & HUCKINS kann man schon bei den 12 Tage alten Ratten die Welle an den Spermatogonien und den Spermatozyten erkennen, und zwar sogar auch die Modulation. Aus diesen Untersuchungsergebnissen schlossen PEREY et al. darauf, dass bei der Ratte die Vorbereitung auf die Entstehung der Welle schon in der Fetalzeit getroffen wird, und von der Pubertät an die Veränderungen der Welle durch die Wechselwirkung der Samenzellen verschiedener Generationen und durch die autonome Regulierungsfunktion des Samenepithels für die Welle sehr rhythmisch ausgeübt werden.

In diesem Paragraph werden die Entstehungsursachen der Kontinuität der Segmentsnummer, der Modulation und des Uebersprungs diskutiert. Und daraufhin wird jene Ansicht wieder geprüft, dass die Frequenz des Stadiums für jede Tierart eigenartig bestimmt ist und fast keine nennenswerte individuelle Variation erkennen lässt. Um die Erscheinung der Welle von Grund aus erklären zu können, müssen notwendigerweise die histologischen Bilder des Hodens in der Fetalzeit sowie unmittelbar vor der Pubertät diskutiert werden. Es ist aber kein anfänglicher Zweck der vorliegenden Untersuchung und auch hat der Verfasser kein eigenes experimentelles Untersuchungsergebnis darüber. Deswegen hat er nicht die Absicht von diesem Problem zu handeln, weil er fürchtet, dass das beschriebene zu hypothetisch sein würde.

Die in dieser Untersuchung angewandte Methode, den Kanälchenschnitt seiner Längsachse entlang zu mikroskopieren, ist bisher niemals beim Bullen probiert worden. Als systematische Untersuchung mittels derselben Methode bei anderer Tierart kann man nur eine Mitteilung von PEREY et al. über die Ratte zählen. Nach der Methode des Verfassers können verschiedene Erscheinungen an der Welle unmittelbar unter dem Mikroskop beobachtet werden, und in diesem Sinn ist es viel direkter und praktischer als die bisherige Methode d.h. die Rekonstruktion der ursprünglichen Veränderungsbilder der Welle durch die Beobachtung des Serienquerschnittpräparats. Aber weil die Isolierung des langen Kanälchens des Bullen äusserst schwer ist, ist es nur ganz selten zu hoffen, in ein und demselben Längsschnittpräparat eine vollständige Serie von Veränderungen der Welle beobachten zu können. Daher ist das Verfahren der Rekonstruktion auch bei der Beobachtung des Längsschnittpräparats doch unvermeidbar. In dieser Hinsicht ist es schwer zu bestimmen, welche Methode besser ist.

Ist es denn nun möglich oder nicht, die schon erwähnten verschiedenen Erscheinungen an der Welle befriedigend genug zu erklären, ohne irgendeine

Regulierungsfunktion für die Welle vorauszusetzen, ausschliesslich vom mechanistischen Gesichtspunkt aus verschiedene Bedingungen über die Beziehung zwischen der Fortbestandsdauer des Stadiums und der Länge des Segments zu stellen und es miteinander zu kombinieren ?

Zunächst setzt man folgende Bedingungen mit Bezug auf die Fortbestandsdauer des Stadiums und die Länge des Segments voraus :

	Dauer jedes Stadiums	Länge jedes Segments
Bedingung I	alle gleich	alle verschieden
Bedingung II	alle verschieden	alle verschieden

Theoretisch kann man noch eine andere Bedingung stellen, dass alle Segmente gleich lang sind, aber es ist nicht nötig, weil solch eine Bedingung zu stellen, mit einer durch die praktische Messung der Segmentlänge festgestellten Tatsache im Widerspruch steht, dass die Länge jedes Segments voneinander sehr verschieden ist. Hiergegen ist es möglich, dass die Dauer jedes Stadiums gleich lang ist ; denn die absolute Fortbestandsdauer jedes Stadiums ist bisher nie gemessen worden, obwohl eine Hypothese allgemein anerkannt ist, dass die Frequenz des Stadiums zur relativen Fortbestandsdauer des betreffenden Stadiums in Proportion steht.

Hier ist noch eine Bedingung nötig : Wenn ein Segment von einem Stadium ins nächste Stadium übergeht, findet der Uebergang zur gleichen Zeit in allen und jeden Teilen des Segments statt. Hier setzt man nämlich voraus, dass es keinen Unterschied in der Stufe der Evolution zwischen allen und jeden Zellen von einer Generation in einem Segment gibt, noch einfacher gesagt, dass sich ein Segment ganz homogen zusammensetzt.

Noch eine Bedingung : Jedes Stadium und jedes Segment haben resp. seine eigene (zeitliche und räumliche) Länge, und die beiden Längen werden auf keinen Fall verändert.

Nun werden die Veränderungsvorgänge der Welle unter jeder Bedingung verfolgt. Die im folgenden gebrauchten Bezeichnungen „ $t=1$ “ oder „ $t=2$ “ bedeuten „in einer (Einheit-) Stunde“ oder „in zwei (Einheit-) Stunden“.

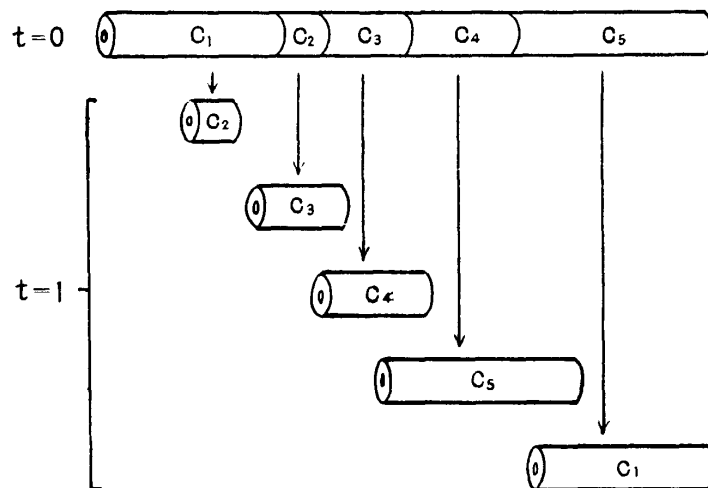
(1)-i Unter Bedingung Ia Als verschiedene Längen des Segments werden versuchsweise die von HOCHEREAU⁴¹⁾ beim normalen Bullen ermittelte relative Durchschnittslänge des Segments (d. h. Prozentsatz der Durchschnittslänge jedes Segments an der Durchschnittslänge einer ganzen Welle) benutzt (S. 59).

Der Erleichterungen halber werden hier nur die Ueberschlagsverhältnisse zwischen Segmenten 4~8 als ein Modell für die Welle benutzt und werden resp. mit $C_1, C_2, \dots, C_5$ bezeichnet. Eine Welle, die sich in $t=0$ aus den Segmenten $C_1 \sim C_5$ zusammensetzt, verändert sich in $t=1$ wie in Abbildung 16 gezeigt.

Segment	%	Ueberschlags- verhältnisse
1	32,1	10
2	6,6	2
3	16,2	5
4	12,4	4
5	3,3	1
6	6,2	2
7	8,2	2,5
8	14,7	4,5

Um die gestellte Bedingung „Jedes Segment erhält seine eigentliche Länge immer konstant aufrecht“ erfüllen zu können, muss ein Segment mit einer gewissen Länge beim Uebergang ins nächste Stadium seine eigentliche Länge verlängern oder verkürzen, denn auch „das Segment vom nächsten Stadium“ hat seine eigene Länge. Das ist schon ein bedeutender Widerspruch. Ausserdem verstösst es auch gegen die Bedingung „Alle Teile ein und desselben Segments setzen sich ganz gleichmässig zusammen“. Denn wenn ein Segment seine Länge verlängern will, so wird das dazu gezwungen, sich mit einem Teil des nächstliegenden Segments zusammenzufügen. Derartige Erscheinung d. h. teilweise Uebergabe und Uebernahme des Segments ist unter der betreffenden Bedingung unbedingt unmöglich.

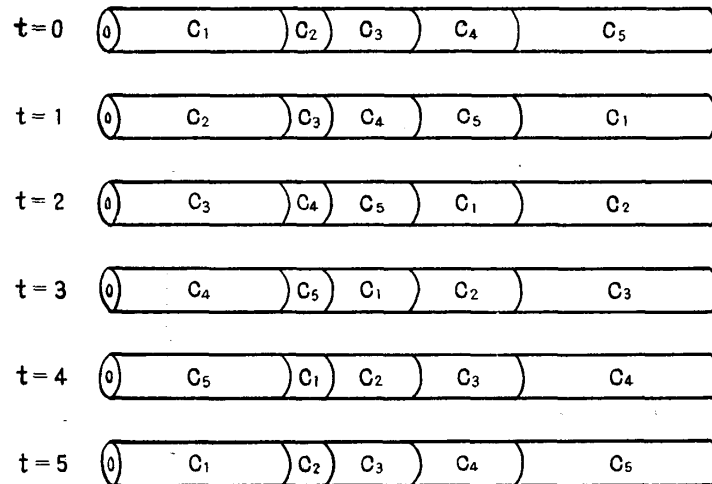
ABBILDUNG 16 Unter Bedingung Ia



(1)-ii Unter Bedingung Ib Um die Widersprüche unter Bedingung Ia beseitigen zu können, nimmt man jetzt an, dass ein Segment ohne Aenderung seiner anfänglichen Länge ins nächste Stadium übergeht (Abb. 17).

In $t=5$ werden die Segmente wieder genau so wie in $t=0$ angeordnet; in $t=4$ wird nämlich eine Serie von Veränderungen eines Zyklus vollendet. Hierbei ist die Totallänge der Segmente von jedem Stadium während eines Zyklus sich einander ganz gleich, und daher

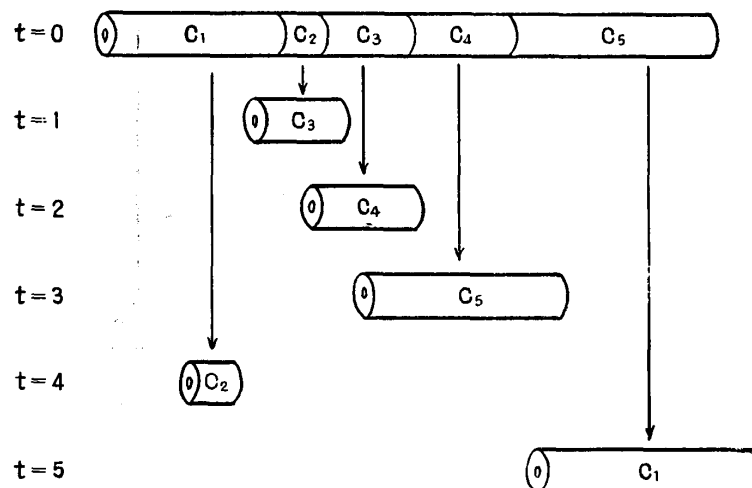
ABBILDUNG 17 Unter Bedingung Ib



muss die Frequenz jedes Stadiums auch sich einander ganz gleich sein. Das ist mit der experimentell festgestellten Tatsache im Widerspruch, dass die Frequenz jedes Stadiums voneinander verschieden ist.

(1)-iii Unter Bedingung IIa Als die verschiedenen Fortbestandsdauern des Stadiums werden die von HOCHEREAU beim normalen Bullen ermittelten Frequenzen der Stadien benutzt. Hierbei kann man diejenigen Ueberschlagsverhältnisse wieder benutzen, die unter Bedingung Ia gebraucht wurden, weil nach der Angabe von HOCHEREAU die relative Fortbestandsdauer des Stadiums (d. h. die Frequenz des Stadiums) zur relativen Länge des Segments in Proportion steht.

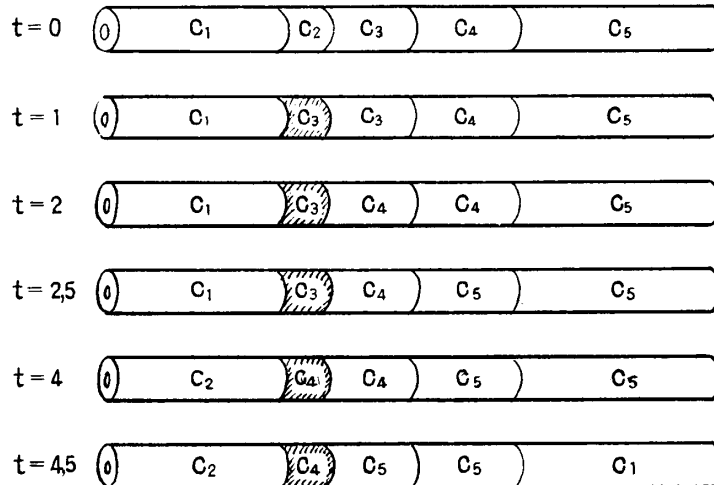
ABBILDUNG 18 Unter Bedingung IIa



Wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist, wird hierbei auch derselbe Widerspruch wie unter Bedingung Ia hervorgebracht.

(1)-iv Unter Bedingung IIb Um die Unvernünftigkeit unter Bedingung IIa beseitigen zu können, setzt man hier das gleiche wie unter Bedingung Ib voraus.

ABBILDUNG 19 Unter Bedingung IIb



Wie aus Abbildung 19 deutlich ist, ist es unmöglich, unter dieser Bedingung die gesetzmässige Veränderung der Welle zu erklären, weil der Uebersprung der Segmentsnummer immer in allen Samenkanälchen stattfindet (Segmente mit schrägen Linien), und infolgedessen die Kontinuität der Nummer gestört wird.

Wie schon verdeutlicht, ist es ganz unmöglich, in der Annahme „Alle Teile eines Segments setzen sich ganz homogen zusammen“ die Erscheinung der Samenepithelwelle zu erklären.

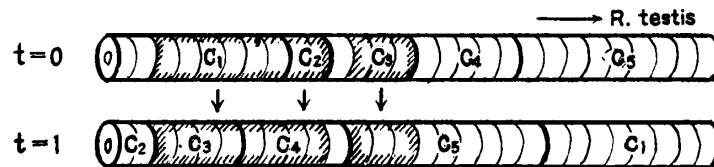
Ist es dann auch unmöglich, in einer anderen Hypothese den Mechanismus der Welle ins klare zu setzen ?

Hier ist eine Hypothese von PEREY et al.: Ein Segment besteht aus einer gewissen Anzahl von „Einheit-Segmenten“, die an und für sich ganz homogen gebildet sind. Beim Uebergang eines Segments ins nächste Stadium— dabei setzt man voraus, dass das Stadium, worunter das betreffende Segment gehört, seine eigentliche Fortbestandsdauer hat—geht jedes Einheit-Segment des betreffenden Segments regelmässig in der absteigenden Reihe der fortlaufenden Nummern, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium über, und somit wird der Uebergang aller Einheit-Segmente nach Verlauf von der obengenannten bestimmten Fortbestandsdauer des Segments vollendet. Ausserdem setzten die Autoren voraus, dass alle und jede Einheit-Segmente unabhängig von ihren Stadien immer gleich lang sind.

Jetzt werden die Veränderungsvorgänge der Samenepithelwelle in der eben erwähnten Voraussetzung von PEREY et al. verfolgt. Die anderen Bedingungen sind ganz dieselben wie früher.

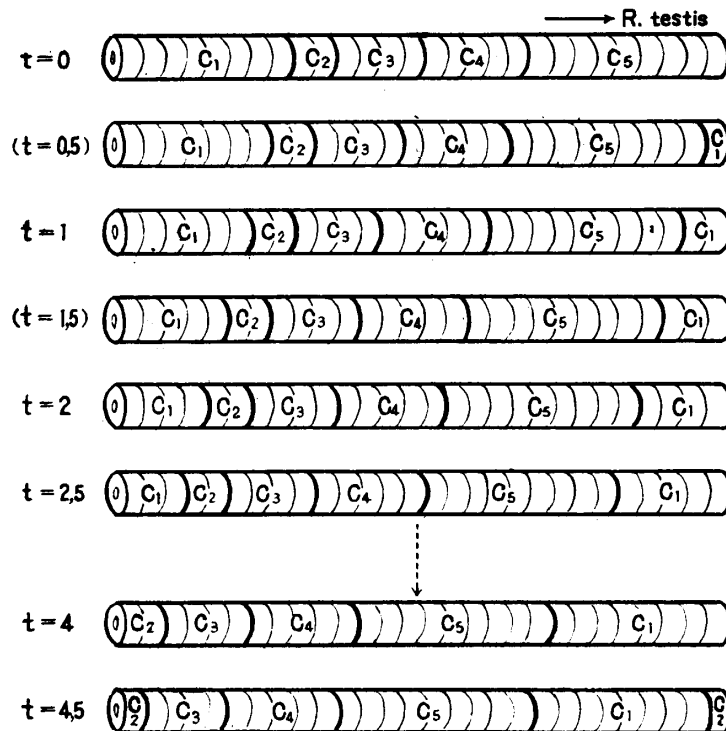
(2)-i Unter Bedingung I Die Einheit-Segmente mit schrägen Linien in $t=0$, z.B. drei Einheit-Segmente im Segment C_3 verändern sich in $t=1$ zum Segment C_5 . Es ist unmöglich, dass ein Segment ohne Durchlaufen des nächsten Stadiums plötzlich ins übernächste Stadium übergeht. Also ist es auch in der Hypothese von PEREY et al. doch nicht möglich, dass sich die verschieden langen Segmenten nach Verlauf ein und derselben Zeit gleichzeitig zu anderen verschieden langen Segmenten verändern.

ABBILDUNG 20 Unter Bedingung I



(2)-ii Unter Bedingung II Bei der Hypothese von PEREY et al. ist es nicht festgesetzt, wieviel Einheit-Segment innerhalb einer Einheit-Stunde ins nächste Stadium übergeht. Nun setzt man wie folgt voraus: Die Zahl der Einheit-Segmente, die innerhalb einer Einheit-Stunde ins nächste Stadium übergehen, ist für alle und jede Segmente ganz gleich; nämlich es gibt hier keinen Unterschied in der Uebergangsgeschwindigkeit zwischen jedem Segment. Obgleich die Geschwindigkeit jedes Segments in Wirklichkeit höchstwahrscheinlich verschieden ist, ist die obige Voraussetzung aber bei der theoretischen Betrachtung nicht zu vermeiden.

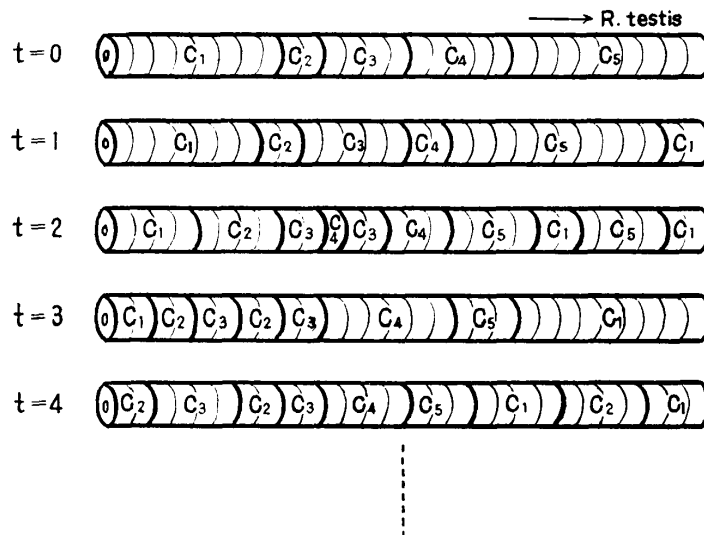
ABBILDUNG 21 Unter Bedingung II



Hierbei ist die Kontinuität der Segmentsnummer immer aufrechterhalten, und so kann man erst unter dieser Bedingung die gesetzmässige Veränderung der Welle irgendwie erklären. Wenn aber die Samenepithelwelle ihre Veränderungsvorgänge in der Tat nach ebensolcher Regel wie in Abbildung 21 gezeigt erfährt, dann kann die Modulation auf keinen Fall stattfinden. Die Modulation wird beim Bullen ja sogar auch beim Normalen sehr gewöhnlich beobachtet, und deshalb ist ein Veränderungsvorgang der Welle, wie es schon gezeigt wurde, in Wirklichkeit zum mindesten beim Bullen nicht möglich.

Mit welchem Diagramm sollen dann die Veränderungsvorgänge der Welle erklärt werden ?

ABBILDUNG 22 *Veränderungsvorgänge der Welle
beim Bullen—1*



Wie in Abbildung 22 gefunden, geht das Einheit-Segment nicht immer regelmässig in der wiederholten Reihe der fortlaufenden Nummern, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium über. Wenn der allererste Uebergang immer ausschliesslich in dem dem Rete testis am nächsten liegenden Einheit-Segment statt finden sollte, dann ist die Erscheinung der Modulation natürlich ganz unmöglich.

In der obigen Abbildung kann man nirgendwo eine Regel ablesen, wieviel Einheit-Segment innerhalb einer Einheit-Stunde ins nächste Stadium übergeht. Hierbei ist es vernunftmässiger und praktischer, solch eine Regel bezüglich der Geschwindigkeit des Uebergangs nicht vorauszusetzen; denn die praktische Messung der Segmentslänge weist darauf hin, dass die Segmentslänge in jedem Stadium eine sehr grosse Schwankung erkennen lässt.

Wenn es weder ein Gesetz betreffs der Uebergangsreihenfolge des Einheit-Segments noch eine Regel bezüglich der Uebergangsgeschwindigkeit des Segments

gibt, muss die Fortbestandsdauer jedes Stadiums natürlich innerhalb einer sehr breiten Grenze schwanken (Deswegen wurde es in Abbildung 22 absichtlich vermieden, jedem Segment die eigentliche Fortbestandsdauer zu geben).

Wenn sich die Dauer jedes Stadiums willkürlich verlängert oder verkürzt, dann muss die Kontinuität der Segmentsnummer zerbrochen werden. Angenommen, dass das dem Rete testis am nächsten liegende Einheit-Segment C_2 in $t=0$ (Abb. 22) bis zu $t=4$ fortbestände, so müsste in $t=4$ eine abnormale Segmentsanordnung C_3, C_2, C_4 verursacht werden.

Falls sowohl die Dauer jedes Stadiums als auch die Länge des Segments variieren und trotz alledem die Kontinuität der Nummer aufrechterhalten ist: Welch eine gegenseitige Beziehung soll zwischen dem Zyklus und der Welle bestehen? Kann man hier nicht annehmen, dass die Dauer des Stadiums und die Länge des Segments beide schwanken, aber innerhalb der Grenze, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört. Der Ausdruck „innerhalb der Grenze, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört“ bedeutet schon eine Voraussetzung des Vorhandenseins irgendeiner physiologischen Regulierungsfunktion für die Veränderungen der Welle. Ueber das Vorhandensein solch einer Funktion sind bisher verschiedene Erklärungen von verschiedenen Untersuchern versucht worden, aber alle die Theorien waren nicht auf der experimentell festgestellten Tatsache begründet, sondern immer ausnahmslos sehr hypothetisch. In der vorliegenden Untersuchung kann auch keine befriedigende Erklärung darüber gegeben werden, weil der Verfasser keine experimentelle Untersuchung dieses Problems angestellt hat. Es ist jedoch aller Wahrscheinlichkeit nach möglich, dass andere verschiedene Funktionen als die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Generationen von Samenzellen, d. h. Sekretionsvorgang der Sertoli'schen Fusszellen sowie der Leydig'schen Zwischenzellen, Blutgefäßversorgung und Innervation im Hoden und Funktionen der Hypophyse als Regulator der Spermatogenese usw. verschiedene Einflüsse auf die Kinetik der Spermatogenese ausüben. In Zukunft sollten daher nicht nur die Veränderungen der Keimzellen sondern auch die Funktionen der eben genannten Organe notwendigerweise untersucht werden, um die Dynamik der Spermatogenese gründlich erforschen zu können.

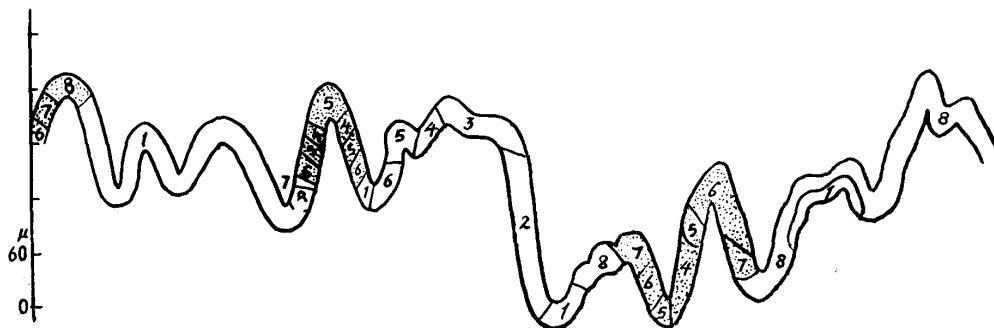
Eingehende Erklärung der Entstehungsursache des Uebersprungs der Segmentsnummer ist nicht mehr nötig. Wenn die Dauer des Stadiums durchaus nicht schwankt, hat es natürlich die Störung der Kontinuität der Nummer zur Folge. Das ist aus Abbildungen 16~22 leicht zu begreifen. Wodurch dann das Festbleiben der Dauer des Stadiums verursacht wird, ist sehr schwer zu beantworten. Der Verfasser kann keine andere Antwort darauf als folgende geben: Das Festbleiben der Dauer ist vielleicht auf die Verschlechterung der regulativen Funktion für Aufrechterhaltung der normalen Welle zurückzuführen.

Dass die von dem Verfasser beobachteten verschiedenen Erscheinungen an der Welle nicht nur für den Bullen mit Asthenospermie eigentümlich ist, ist aus der Vergleichung unserer eigenen Untersuchung mit den Angaben der Voruntersucher (KRAMER, HOCHEREAU⁽¹⁾) übers Normale sehr klar. Bei den obengenannten Voruntersuchern wurde die Beobachtung der Welle nicht mittels des Längsschnittpräparats, sondern mit Hilfe von Rekonstruktion der ursprünglichen Veränderungsbilder der Welle aus den Serienquerschnitten des Hodengewebestückchens ausgeführt.

Weil es zwischen unserer eigenen Untersuchung und derjenigen der Voruntersucher nicht nur den Unterschied der untersuchten Tiere, sondern auch die eben geschriebene Verschiedenheit der angewandten Methode gibt, ist eine genaue Vergleichung der beiden Untersuchungen eigentlich kaum möglich. Es ist jedoch nicht ganz bedeutungslos, wenn man sich der oben erwähnten Unterschiede gut bewusst ist.

In Abbildung 23 wird eine graphische Darstellung der Welle wiedergegeben, die HOCHEREAU⁽¹⁾ beim normalen Bullen mit Hilfe von Rekonstruktion gezeichnet hat.

ABBILDUNG 23 Welle beim normalen Bullen nach HOCHEREAU

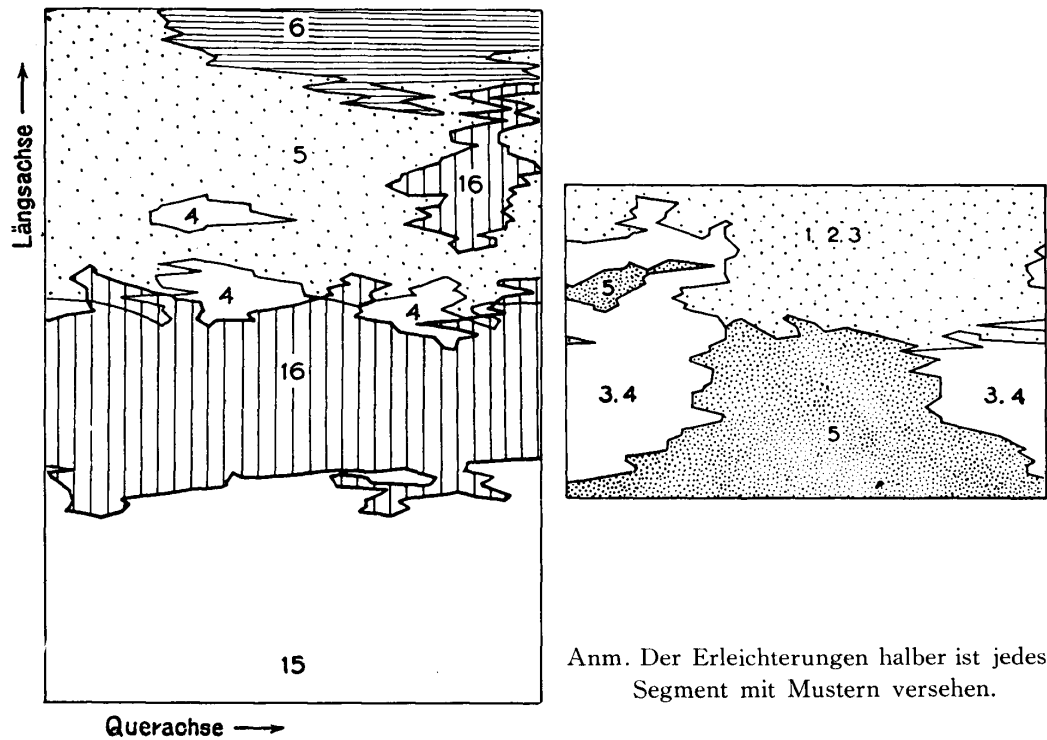


In der obigen Abbildung werden einige Beispiele der Modulation und des Uebersprungs wohl gefunden, aber ein Unterschied der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten ein und desselben Längsschnitts, wie es bei unseren Bullen fast immer beobachtet wurde, wird nur am ganz rechten Ende des Kanälchens (1 & 8) erkannt.

In Abbildung 24 werden zwei Beispiele der Zeichnungen von KRAMER wiedergegeben. Sie wurden in der Annahme gezeichnet, dass man die Samenkänälchenwand an seiner Längsachse entlang aufschneidet und auf einer ebenen Oberfläche ausbreitet. Wenn man diese ausgebreiteten Karten wieder rund macht, longitudinal schneidet und ihre Schnittfläche beobachtet, dann wird man es leicht verstehen, dass verschiedenen Winkeln des Schneidens gemäss verschiedene Unregel-

mässigkeiten in der Segmentsanordnung d.h. die Modulation, der Uebersprung und der Unterschied der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten eines Längsschnitts zum Vorschein kommen.

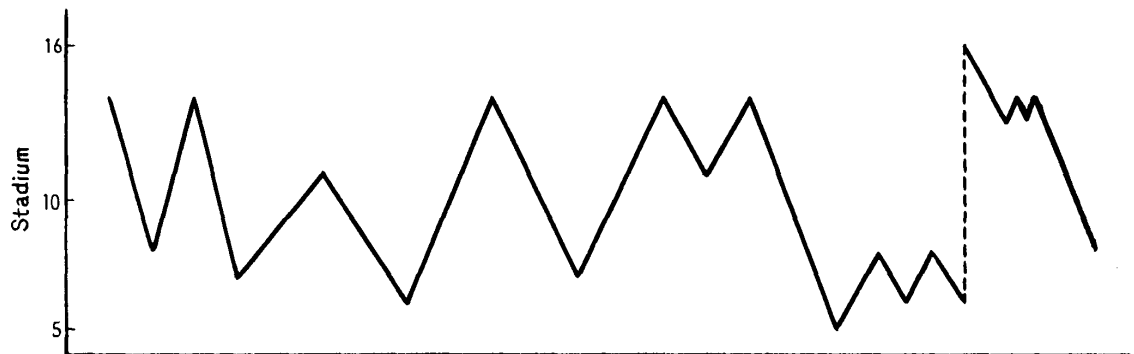
ABBILDUNG 24 Welle beim normalen Bullen nach KRAMER



Anm. Der Erleichterungen halber ist jedes Segment mit Mustern versehen.

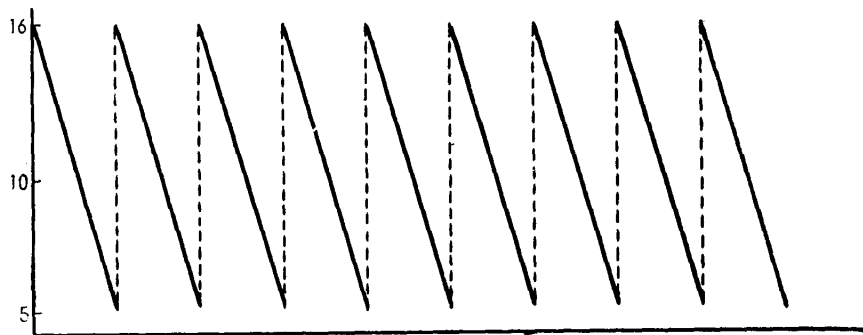
Ausserdem erklärte KRAMER mit einer in Abbildung 25 wiedergegebenen Figur, wie oft die Modulation beim normalen Bullen eintritt.

ABBILDUNG 25 Modulation in der Welle beim Bullen nach KRAMER



In Abbildung 25 bedeutet jeder Brechungspunkt der dicken Linie das Stadium, wo die Modulation stattfindet. Drückt man eine Welle ohne Modulation auf dieselbe Weise aus, so hat man eine Figur wie es in Abbildung 26 gezeigt wird.

ABBILDUNG 26 Welle ohne Modulation

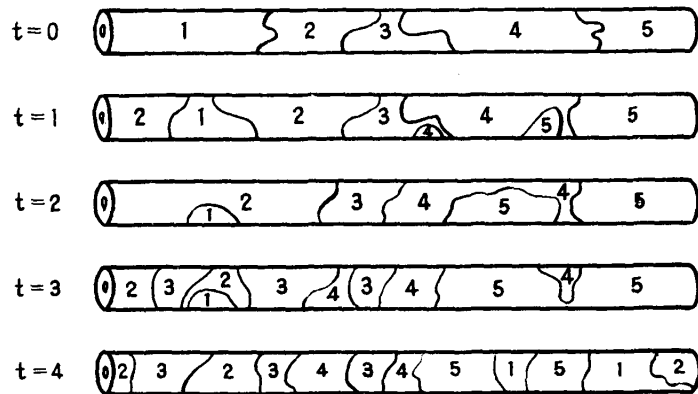


Ob die von dem Verfasser beobachtete häufige Modulation nun abnormal ist oder nicht, ist ganz unklar, weil KRAMER und HOCHEREAU keine Ermittlung der Häufigkeit der Modulation und des Uebersprungs gemacht haben, und es deshalb unmöglich ist, unsere eigene Untersuchung mit derjenigen dieser Autoren zu vergleichen. Nach ihren Angaben zu urteilen, dass auch beim gesunden Bullen die Unregelmässigkeiten in der Segmentsanordnung nicht selten beobachtet werden, ist es nicht zu zweifeln, dass einige von den in der vorliegenden Untersuchung angegebenen Unregelmässigkeiten in der Segmentsanordnung sicherlich innerhalb der physiologischen Grenze stehen. Also, angenommen, dass kein wesentlicher Unterschied in der Welle zwischen den betreffenden und normalen Bullen vorhanden ist, so können die Veränderungsvorgänge der Welle beim Bullen auf Grund von unseren eigenen Beobachtungen sowie Betrachtungen und unter Bezugnahme auf die Angaben von KRAMER und von HOCHEREAU wie folgt graphisch dargestellt werden (Abb. 27).

In Abbildung 27 ist die Kontinuität der Segmentsnummer immer aufrechterhalten und zwar tritt die Modulation oft hervor. Aber hierin bemerkt man die Tatsachen, dass die Dauer des Stadiums sowie die Länge des Segments immer fast aufs Geratewohl variieren, und dass gar keine Notiz von der Hypothese des Einheit-Segments von PEREY et al. genommen ist. Ausserdem ist es in der Abbildung gar nicht gezeigt, in welcher Reihe die Segmentsnummern, vom Rete testis aus betrachtet, aufeinanderfolgen. Die Gründe davon sind wie folgt:

Die von dem Verfasser festgestellte Tatsache, dass es immer einen grossen Unterschied in der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten ein und desselben Kanälchenlängsschnitts gibt, und die von KRAMER vorgelegten topographischen Karten des Samenkanälchens weisen darauf hin, dass es beim Bullen sehr

ABBILDUNG 27 Veränderungsvorgänge der Welle
beim Bullen—2



schwer ist, das Vorhandensein des „Einheit-Segments“ vorauszusetzen.

Man hat heute noch keinen Beweis, dass auch beim Bullen die Segmentnummern, vom Rete testis aus gerechnet, in absteigender Reihe aufeinanderfolgen; und daher wurde es absichtlich unterlassen, die Beziehung der Fortschrittsrichtung der Welle zum Rete testis deutlich zu zeigen.

In allen den oben gezeichneten Kanälen ist die Kontinuität der Nummer immer aufrechterhalten, obwohl es anscheinend keine bestimmte Beziehung zwischen der Dauer des Stadiums und der Länge des Segments gibt. Welch eine Regel denn in diesen scheinbar verwirrten Verhältnissen zwischen dem Zyklus und der Welle liegt, wird im folgenden Kapitel ausführlich beschrieben werden.

III QUANTITATIVE UNTERSUCHUNG DER SAMENEPITHELWELLE

A Länge des Segments

Es wurde schon erwähnt, dass man, wenn man nicht voraussetzt, dass die Fortbestandsdauer des Stadiums und die Länge des Segments schwanken innerhalb der Grenze, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört, die Veränderungsvorgänge der Welle keineswegs befriedigend erklären kann.

Hier wird eine wichtige Frage gestellt: Unter welchen Bedingungen bezüglich der gegenseitigen Beziehung zwischen der Dauer des Stadiums und der Länge des Segments kann die Kontinuität der Segmentsnummer aufrechterhalten werden?

Eine merkwürdige, hypothetische Antwort auf diese Frage wurde 1901 von REGAUD gegeben: Die Dauer des Stadiums steht zur Länge des Segments in Proportion. Obwohl diese Hypothese nicht aus dem experimentellen Grunde sondern nur aus einer rein theoretischen Betrachtung gezogen wurde, hatte kein Untersucher bis zu den letzten Jahren feststellen können, ob die Theorie zu Recht besteht oder nicht. Aber erst 1961 wurde eine objektive Untersuchung von PEREY et al. über die Richtigkeit der Theorie veröffentlicht, welche die praktische Messung der Länge jedes Segments bei der Ratte versuchten. Nach ihrer Meinung ist die Hypothese REGAUDs zu verneinen, weil es durch die Messung festgestellt wurde, dass die Frequenz des Stadiums (die relative Fortbestandsdauer des Stadiums) nicht der relativen Länge des Segments gleich ist.

1962 erschien eine andere wichtige Untersuchung über die Welle. HOCHEREAU⁽¹⁾, die die Welle bei den normalen Bullen und Ratten beobachtete, schrieb im Gegensatz zu der Angabe von PEREY et al., dass, weil die Frequenz des Stadiums der relativen

TABELLE 12 *Messwert der Segmentlänge (μ)*

	MINIMAL	MAXIMAL	ZAHL DER GEMESSENEN SEGMENTE
C ₁	60	2 080	74
C ₂	50	2 540	92
C ₃	20	770	86
C ₄	50	1 380	99
C ₅	50	1 620	107
C ₆	50	1 300	60
C ₇	50	1 240	37
C ₈	90	850	23
C ₉	100	1 890	12
C ₁₀	130	1 830	48
insg.			638

Länge des Segments etwa gleich ist, die Theorie von REGAUD zu Recht besteht.

Der Verfasser hat die Länge jedes Segments, ebenso wie PEREY et al., unmittelbar unter dem Mikroskop mit dem Mikrometer gemessen und hat die Signifikanz der Unterschiede in der Segmentlänge zwischen den Individuen, zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres und zwischen den Stadien geprüft. Weiterhin hat der Verfasser eine Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments in der Absicht zur Feststellung der Richtigkeit der betreffenden Hypothese statistisch untersucht.

Ausser der in Tabelle 12 vorgezeigten Segmente wurden viele andere Segmente gefunden, die querdurchgeschnitten worden sind und deshalb nicht gemessen werden konnten. Einige von ihnen sind $2.900 \sim 4.000 \mu$ lang.

Weil ein grosser Unterschied in der Segmentsanordnung zwischen den beiden Seiten ein und desselben Samenkanälchenschnitts vorhanden ist, wurde der Verfasser dazu gezwungen, die Messung an jeder einzelnen Seite unabhängig voneinander auszuführen, obwohl es selbstverständlich mit dem eigentlichen Wesen des Segments im Widerspruch steht.

(1) Länge des Segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) Zuerst wurden die Messwerte der Segmentlänge, um sie der Normalverteilung nahe kommen zu lassen, in die Kubikwurzel transformiert, dann wurden die transformierten Werte statistisch

TABELLE 13-1 Durchschnittslänge des Segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$)
bei Anwendung von $[M_1]$ (μ)

$[M_1]$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9^*	C_{10}
B_1	D_1	350 (14)	425 (15)	203 (21)	417 (25)	233 (23)	560 (8)	363 (5)	417 (8)	—	495 (6)
	D_2	1 190 (6)	772 (4)	324 (5)	274 (5)	363 (10)	113 (4)	225 (3)	520 (2)	—	733 (16)
B_2	D_1	179 (9)	511 (14)	243 (14)	236 (16)	218 (15)	139 (10)	449 (6)	591 (3)	—	590 (12)
	D_2	343 (19)	333 (19)	322 (8)	156 (9)	240 (19)	212 (9)	248 (5)	287 (4)	—	584 (2)
B_3	D_1	516 (12)	453 (23)	179 (16)	212 (19)	224 (22)	382 (23)	322 (12)	328 (5)	—	1 225 (4)
	D_2	479 (14)	466 (17)	256 (22)	206 (25)	220 (18)	464 (6)	175 (6)	210 (1)	—	529 (8)

Die eingeklammerten Ziffern sind die Zahl der gemessenen Segmente.

* Bei B_2 wurde kein Segment C_9 gefunden, woran die Messung der Länge ausgeführt werden kann. Dies bringt später bei den statistischen Behandlungen der erhaltenen Resultate verschiedene Schwierigkeiten hervor. Deshalb wurden auch alle andere Werte an demselben Segment bei allen anderen Tieren notgedrungen ausgeschlossen.

TABELLE 13-2 Durchschnittslänge des Segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$)
bei Anwendung von $[M_2]$

$[M_2]$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	351 (14)	324 (19)	198 (24)	319 (39)	206 (44)	306 (21)	412 (8)	414 (8)	—	494 (6)
	D_2	1 190 (6)	771 (4)	297 (7)	236 (8)	293 (13)	122 (6)	225 (3)	520 (2)	—	732 (16)
B_2	D_1	179 (9)	320 (20)	162 (25)	153 (31)	142 (30)	121 (16)	383 (14)	399 (11)	—	589 (12)
	D_2	342 (19)	306 (22)	232 (15)	138 (19)	187 (29)	187 (13)	285 (10)	309 (9)	—	585 (2)
B_3	D_1	514 (12)	452 (23)	156 (24)	180 (27)	226 (23)	326 (28)	255 (16)	327 (5)	—	1 225 (4)
	D_2	421 (15)	370 (21)	205 (30)	144 (33)	207 (21)	367 (8)	188 (7)	246 (2)	—	530 (8)

TABELLE 13-3 Durchschnittslänge des Segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$)
bei Anwendung von $[M_3]$

$[M_3]$		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	351 (14)	373 (19)	216 (24)	393 (39)	283 (44)	453 (21)	556 (8)	414 (8)	—	494 (6)
	D_2	1 190 (6)	772 (4)	364 (7)	305 (8)	335 (13)	159 (6)	225 (3)	520 (2)	—	732 (10)
B_2	D_1	179 (9)	374 (20)	212 (25)	210 (31)	197 (30)	157 (16)	572 (14)	643 (11)	—	589 (12)
	D_2	342 (19)	333 (22)	313 (15)	209 (19)	241 (29)	248 (13)	419 (10)	466 (9)	—	585 (2)
B_3	D_1	514 (12)	452 (23)	196 (24)	218 (27)	218 (23)	424 (28)	294 (16)	327 (5)	—	220 (4)
	D_2	429 (15)	409 (21)	238 (30)	161 (33)	227 (21)	424 (8)	213 (7)	360 (2)	—	530 (8)

analysiert. Die Messungsmethoden des Segmentslänge ($[M_1]$, $[M_2]$, $[M_3]$) waren schon ausführlich erklärt.

In Tabellen 13-1, 2, 3 wird die Durchschnittslänge des Segments in jedem Stadium gezeigt aber der Erleichterungen halber in der anfänglichen Form, die dadurch erhalten wird, die einmal in die Kubikwurzel transformierte Länge wieder wie früher zu transformieren. Im folgenden werden alle tabellarische Vorlegung der Untersuchungsergebnisse über die Segmentslänge immer auf dieselbe Weise gemacht werden.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse der in Tabellen 13-1~3 gezeigten Resultate werden in Tabellen 14~19 geliefert.

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich ist, wird nur die Differenz der Länge zwischen

TABELLE 14 Varianzanalyse über die Segmentlänge
—bei Anwendung von $[M_1]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
C	37,34	8	4,66 **
D	0,11	1	0,11
B	3,92	2	1,96
C × D	9,52	8	1,19
C × B	13,40	16	0,83
D × B	1,58	2	0,79
C × D × B	14,95	16	0,93
CDB	80,82	53	

$$F_{16}^{\frac{8}{8}}(0,01) = 3,88$$

$$F_{16}^{\frac{8}{8}}(0,05) = 2,59$$

TABELLE 15 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten—bei Anwendung von $[M_1]$

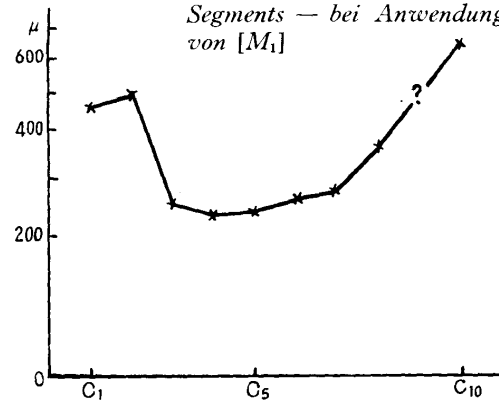
**								C ₄ 242
**								C ₅ 246
**								C ₃ 250
*								C ₆ 279
*								C ₇ 287
								C ₈ 376
								C ₁ 454
								C ₂ 482
								C ₁₀ 668

μ
 ↙
 grösser

den Segmenten als signifikant erkannt ($P < 0,01$). Also wurde die Signifikanz der Differenz der Länge zwischen je zwei Segmenten geprüft.

In Tabelle 15 sieht man, dass beispielsweise die Durchschnittslänge des Segments C₁₀ und des C₄ resp. 668 μ und 242 μ sind und die Differenz zwischen ihnen als signifikant erkannt wird ($P < 0,01$). Die Beziehung zwischen jeder Segmentlänge ist in Abbildung 28 deutlicher zu begreifen.

ABBILDUNG 28 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments — bei Anwendung von $[M_1]$



Die Ordinate ist mit der Kubikwurzel graduert.

TABELLE 16 Varianzanalyse über die Segmentslänge — bei Anwendung von $[M_2]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
C	49,57	8	6,19 **
D	0,10	1	0,10
B	6,05	2	3,02 *
C × D	6,45	8	0,80
C × B	11,25	16	0,70
D × B	2,85	2	1,42
C × D × B	10,04	16	0,62
CDB	86,31	53	

TABELLE 17 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten — bei Anwendung von $[M_2]$

**	*	*	C ₄ 188
**	*		C ₃ 205
**	*		C ₅ 207
**			C ₆ 223
**			C ₇ 284
			C ₈ 362
			C ₂ 415
			C ₁ 444
			C ₁₀ 668

ABBILDUNG 29 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments — bei Anwendung von $[M_2]$

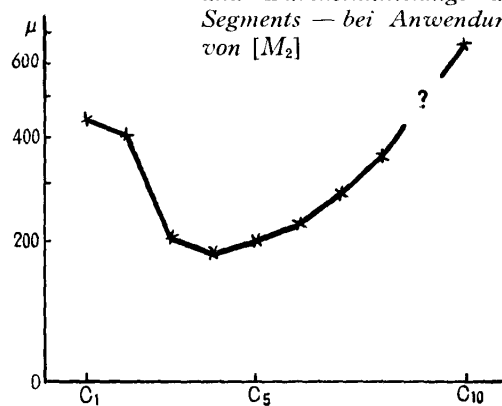


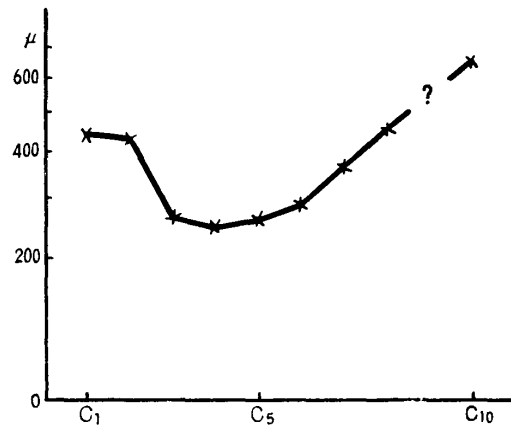
TABELLE 18 Varianzanalyse über die Segmentslänge — bei Anwendung von $[M_3]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
C	34,77	8	4,34 **
D	0,05	1	0,05
B	3,31	2	1,65
C × D	7,63	8	0,95
C × B	14,56	16	0,91
D × B	1,63	2	0,81
C × D × B	12,26	16	0,76
CDB	74,21	53	

TABELLE 19 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten — bei Anwendung von $[M_3]$

**						C ₄ 242
**						C ₅ 250
**						C ₃ 252
*						C ₆ 283
						C ₇ 360
						C ₂ 436
						C ₁ 445
						C ₈ 447
						C ₁₀ 668

ABBILDUNG 30 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments — bei Anwendung von $[M_3]$



(2) Länge des Segments ($A_1, A_2, \dots, A_5$) Die Längen der Segmente $A_1 \sim A_5$ wurden aus den in Tabellen 13-1~3 eingetragenen Daten auf die schon erklärte Weise berechnet, und die somit erhaltenen Zahlenwerte wurden mit derselben Methode wie schon beschrieben statistisch analysiert. Hierbei aber enthalten alle und jede Segmente A_5 kein Segment C_9 , obgleich A_5 eigentlich aus C_9 und C_{10} bestehen muss; weil die Werte am Segment C_9 , wie schon bemerkt, alle ausgeschlossen wurden.

TABELLE 20 Varianzanalyse über die Segmentlänge
—bei Anwendung von $[M_1]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
A	26,90	4	6,72 *
D	0,12	1	0,12
B	1,70	2	0,85
$A \times D$	3,07	4	0,76
$A \times B$	4,54	8	0,56
$D \times B$	2,39	2	1,19
$A \times D \times B$	4,34	8	0,54
ADB	43,06	29	

$$F_8^*(0,01) = 7,00$$

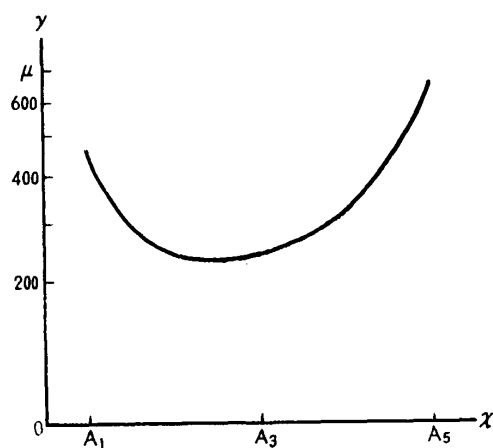
$$F_8^*(0,05) = 3,83$$

Wie in Tabelle 20 gefunden, wird nur die Differenz der Länge zwischen den Segmenten als signifikant erkannt ($P < 0,05$). Also, wurde die Signifikanz der Differenz der Länge zwischen je zwei Segmenten geprüft.

TABELLE 21 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten—bei Anwendung von $[M_1]$

**	*		A ₂ 245
**	*		A ₃ 256
**		A ₄ 319	
		A ₁ 479	
		A ₅ 668	

grösser

 μ ABBILDUNG 31 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments—bei Anwendung von $[M_1]$ 

Die in Tabelle 21 gezeigte Beziehung zwischen jeder Segmentlänge wird in Abbildung 31 deutlicher begriffen.

Abbildung 31 zeigt, dass beim Verwenden des orthogonalen Koeffizienten $n=5$ die Regressionskurve y (Segmentlänge) in Bezug auf x (Stadium) folgende Gleichung ergibt:

$$y^{\frac{1}{2}} = 0,093x^4 - 1,133x^3 + 5,287x^2 - 10,878x + 14,458$$

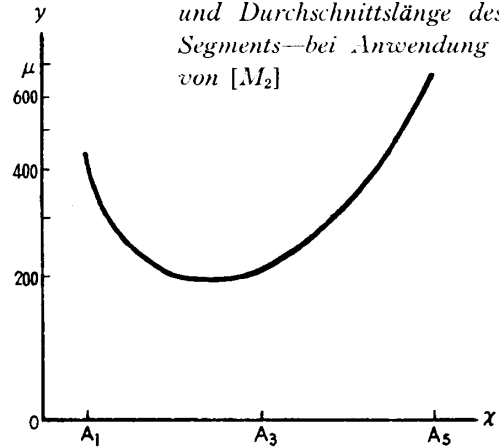
Hier werden A_1, A_2, A_3, A_4 und A_5 als $-2, -1, 0, +1$ und $+2$ genommen und y 's sind beobachtete Werte.

TABELLE 22 Varianzanalyse über die Segmentlänge—bei Anwendung von $[M_2]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
A	34,95	4	8,73 **
D	0	1	0
B	2,78	2	1,39
A $\times$ D	2,46	4	0,61
A $\times$ B	5,10	8	0,63
B $\times$ D	2,83	2	1,41
A $\times$ D $\times$ B	4,46	8	0,55
ADB	52,58	29	

TABELLE 23 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten—bei Anwendung von $[M_2]$

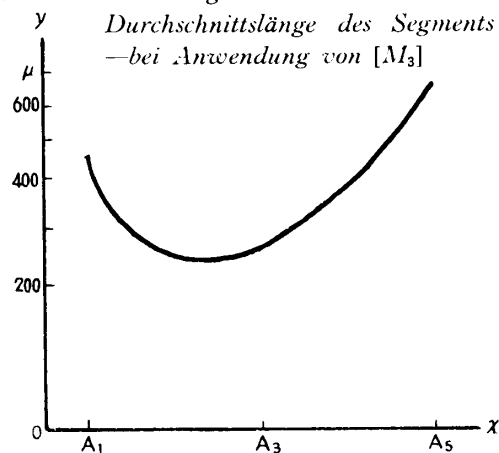
**	*		A ₂ 197
**	*		A ₃ 214
*		A ₄ 309	
		A ₁ 430	
A ₅ 668			

ABBILDUNG 32 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments—bei Anwendung von $[M_2]$ 

$$y^{\frac{1}{3}} = 0,075 x^4 - 0,906 x^3 + 4,347 x^2 - 9,371 x + 13,357$$

TABELLE 24 Varianzanalyse über die Segmentslänge—bei Anwendung von $[M_3]$

FAKTOREN	QUADRATSUMME	FREIHEITSGRADE	VARIANZ
A	24,16	4	6,04 *
D	0,02	1	0,02
B	1,46	2	0,73
A × D	2,64	4	0,66
A × B	7,01	8	0,87
D × B	2,13	2	1,06
A × D × B	4,95	8	0,61
ADB	42,37	29	

ABBILDUNG 33 Beziehung zwischen Stadium und Durchschnittslänge des Segments—bei Anwendung von $[M_3]$ 

$$y^{\frac{1}{3}} = 0,023 x^4 - 0,351 x^3 + 2,275 x^2 - 6,090 x + 11,818$$

TABELLE 25 Differenz der Durchschnittslänge zwischen je zwei Segmenten—bei Anwendung von $[M_3]$

**			A ₂ 248
*		A ₃ 264	
		A ₄ 386	
		A ₁ 451	
A ₅ 668			

B Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der Länge des Segments

Zum Zweck der Untersuchung dieser Korrelation wurden die folgenden Formeln gebraucht.

Frequenz des Stadiums :

$$\frac{\text{Zahl jedes Stadiums } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Totalzahl aller obigen Stadien}} \times 100$$

relative Länge des Segments :

$$\frac{\text{Durchschnitt aus den in die Kubikwurzel transformierten Segmentlängen in jedem Stadium } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Summe aller obigen Durchschnitte}} \times 100$$

Die aus den obigen Formeln gerechneten Zahlenwerte (in Prozentsatz ausgedrückt) wurden alle in die Arcsine ($\sin^{-1} \sqrt{\text{Prozent}}$) transformiert, und dann statistisch geprüft. In Tabellen 26-1~3 werden die aus den obigen Formeln gerechneten Werte angegeben, aber wie üblich in der wieder wie früher transformierten Form.

TABELLE 26-1 *Frequenz des Stadiums und relative Länge des Segments—bei Anwendung von [M₁]*

		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
B ₁	Stadium (114)	29,36	9,17	10,09	18,27	32,11
	Segment (109)	21,20	19,21	15,13	19,47	24,98
	" (135)	20,74	3,70	3,70	17,78	54,07
	" (55)	35,68	12,59	11,63	11,74	28,35
B ₂	" (127)	11,02	5,51	9,45	8,66	65,35
	" (96)	20,96	13,48	8,86	21,96	34,74
	D ₂ (78)	19,23	1,28	5,13	12,82	61,54
	" (94)	24,73	11,63	15,37	16,64	31,63
B ₃	" (145)	26,21	5,52	13,10	11,72	43,45
	" (133)	22,05	8,01	12,58	13,52	43,84
	D ₂ (142)	33,80	9,15	9,86	2,82	44,37
	" (118)	28,96	13,95	15,15	10,78	31,16

Die eingeklammerten Ziffern sind die Zahl der beobachteten Stadien und Segmente.

TABELLE 26-2 *Frequenz des Stadiums und relative Länge des Segments—bei Anwendung von $[M_2]$*

			A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
B ₁	D ₁	Stadium (166,55)	28,91	16,81	13,10	22,80	18,36
		Segment (183)	19,44	17,10	13,63	21,67	28,15
	D ₂	" (217,71)	24,99	15,15	8,52	23,42	28,39
		" (65)	37,07	11,17	10,11	12,20	29,46
B ₂	D ₁	" (203,47)	21,00	13,87	16,34	14,08	34,68
		" (168)	20,88	10,21	8,47	20,56	39,88
	D ₂	" (135,31)	25,37	10,83	17,61	16,00	30,17
		" (138)	29,23	12,67	15,99	22,22	19,89
B ₃	D ₁	" (268,79)	23,49	17,79	22,00	18,59	18,10
		" (162)	22,92	6,74	12,37	12,39	45,58
	D ₂	" (310,15)	31,45	20,17	20,70	9,83	17,83
		" (145)	27,33	12,48	14,74	12,43	32,99

TABELLE 26-3 *Frequenz des Stadiums und relative Länge des Segments—bei Anwendung von $[M_3]$*

			A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
B ₁	D ₁	Stadium (245)	26,53	20,40	14,28	23,67	15,10
		Segment (183)	17,60	17,34	16,78	23,57	24,69
	D ₂	" (338)	24,25	20,11	10,65	23,96	21,00
		" (65)	30,46	11,19	9,25	10,02	38,73
B ₂	D ₁	" (324)	24,07	17,59	19,13	14,50	24,69
		" (168)	18,25	10,81	9,37	28,42	33,11
	D ₂	" (237)	28,26	16,03	21,94	14,76	18,98
		" (138)	25,01	14,68	16,14	28,02	16,13
B ₃	D ₁	" (437)	21,28	22,19	24,48	19,45	12,58
		" (162)	35,90	12,92	20,68	23,34	7,13
	D ₂	" (508)	29,13	23,42	23,62	11,61	12,20
		" (145)	26,36	12,80	15,12	14,91	30,77

Auf Grund der in Tabellen 26-1~3 gezeigten Daten wurde die betreffende Korrelation ermittelt.

TABELLE 27 *Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments*

		<i>r</i>
[M ₁]	D ₁	0,746 **
	D ₂	0,837 **
[M ₂]	D ₁	0,468
	D ₂	0,635 *
[M ₃]	D ₁	0,292
	D ₂	0,168

Wie aus Tabelle 27 verdeutlicht, ist bei Anwendung von [M₁] eine hohe Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments vorhanden, aber bei Anwendung von [M₂] und von [M₃] wird keine solche Beziehung erkannt mit einer Ausnahme von [M₂] D₂.

C Frequenz des Segments

Angenommen, dass man die Zahl jedes Segments in einem ganzen Samenkanälchen, das aus dem Rete testis entspringt und wieder bis zum Rete testis zurückkehrt, ohne Rücksicht auf die Länge jedes einzelnen Segments ermittelte, und dass dabei die Segmente ganz ohne Unregelmässigkeiten wie Modulation oder Uebersprung im Kanälchen angeordnet seien, dann müsste die Totalzahl jedes Segments einander etwa gleich sein (Hierbei ist es wahrscheinlich nicht ganz gleich, weil es aller Wahrscheinlichkeit nach unmöglich ist, dass die an den beiden Enden eines ganzen Kanälchens liegenden Segmente immer dasselbe Stadium zeigen). Nämlich hierbei gibt es fast keinen Unterschied in der Frequenz zwischen jedem Segment. Wenn aber die Segmente nicht regelmässig angeordnet sind, muss die Frequenz jedes Segments voneinander verschieden sein. Also, wenn man die Segmente im Längsschnittpräparat ohne Rücksicht auf ihre Längen durchzählt und die Frequenz jedes Segments rechnet, dann werden die erhaltenen Zahlenwerte darauf hinweisen, in welcher Häufigkeit jedes Segment unregelmässig angeordnet ist.

In dieser Annahme wurde die Signifikanz der Differenz in der Frequenz des Segments zwischen den Individuen, zwischen den beiden Hoden usw. statistisch

geprüft.

Hierbei auch wird man unter denselben Umständen wie bei der Messung der Segmentlänge dazu gezwungen, die Zählung an jeder einzelnen Seite ein und desselben Kanälchenlängsschnitts voneinander getrennt auszuführen, obschon es selbstverständlich mit dem eigentlichen Wesen des Segments im Widerspruch steht.

Falls zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig in einem Segment erscheinen, wurden sie nach den schon beschriebenen Zählungsmethoden gezählt.

(1) Frequenz des Segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) Das Verhältnis der Zahl der beobachteten Segmente wird in Tabellen 28-1~3 eingetragen.

TABELLE 28-1 *Verhältnis der Zahl der beobachteten Segmente*
—bei Anwendung von $[M_1]$

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	16	27	34	39	34	14	22	10	14	12
	D_2	26	26	11	14	13	9	7	6	6	23
B_2	D_1	17	28	21	43	34	23	23	3	6	12
	D_2	29	36	18	14	27	15	13	4	8	12
B_3	D_1	21	42	22	31	31	30	26	9	2	10
	D_2	29	38	31	39	22	11	9	13	8	24

TABELLE 28-2 *Verhältnis der Zahl der beobachteten Segmente*
—bei Anwendung von $[M_2]$

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
B_1	D_1	16,00	29,00	37,50	54,00	57,00	28,50	25,50	11,00	15,00	13,00
	D_2	26,00	26,00	15,50	20,00	16,50	12,00	7,00	6,00	6,00	23,00
B_2	D_1	17,00	30,33	29,25	54,58	44,08	31,75	33,83	14,83	11,83	13,50
	D_2	29,00	37,50	24,33	20,50	33,00	16,99	20,00	11,00	8,00	12,00
B_3	D_1	22,00	43,50	27,33	35,88	32,33	33,00	30,50	12,50	3,00	10,00
	D_2	29,50	40,00	41,50	45,00	26,00	13,00	9,50	15,50	10,00	24,00

TABELLE 28-3 *Verhältnis der beobachteten Segmente*
—bei Anwendung von $[M_3]$

		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
B ₁	D ₁	16	32	41	69	80	43	29	12	16	12
	D ₂	26	26	20	26	20	15	7	6	6	23
B ₂	D ₁	17	35	38	67	55	41	42	28	19	15
	D ₂	29	39	31	28	40	21	27	18	8	12
B ₃	D ₁	23	45	33	41	34	36	35	16	4	10
	D ₂	30	42	42	51	30	15	10	18	12	24

Die Resultate des χ^2 -Tests der Frequenz des Segments bei jedem Tier in jedem Testikel werden in Tabelle 29 gezeigt.

TABELLE 29 χ^2 -Test der Frequenz des Segments (C₁, C₂, ..., C₁₀)
bei jedem Tier in jedem Testikel

	UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ ZWISCHEN DEN BEIDEN HODEN EIN UND DESSELBEN TIERES		INDIVIDUELLER UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ IN DEN HODEN VON EIN UND DERSELBEN SEITE	
[M ₁]	B ₁	34,54 **	D ₁	33,09 *
	B ₂	22,00 **		
	B ₃	32,63 **	D ₂	30,86 *
[M ₂]	B ₁	43,31 **	D ₁	26,59
	B ₂	21,59 *		
	B ₃	35,45 **	D ₂	36,43 **
[M ₃]	B ₁	49,92 **	D ₁	42,89 **
	B ₂	22,06 **		
	B ₃	35,96 **	D ₂	37,01 **

FG = 9

 $\chi^2_0(0,01) = 21,66$ $\chi^2_0(0,05) = 16,91$

FG = 18

 $\chi^2_0(0,01) = 34,80$ $\chi^2_0(0,05) = 28,86$

(2) Frequenz des Segments ($A_1, A_2, \dots, A_5$) Aus Tabellen 28-1~3 wurde die Zahl des Segments $A_1, A_2, \dots, A_5$ gerechnet und derselbe Test angestellt.

TABELLE 30 χ^2 -Test der Frequenz des Segments ($A_1, A_2, \dots, A_5$)
bei jedem Tier in jedem Testikel

	UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ ZWISCHEN DEN BEIDEN HODEN EIN UND DESSELBEN TIERES		INDIVIDUELLER UNTERSCHIED DER VERTEILUNG DER FREQUENZ IN DEN HODEN VON EIN UND DERSELBEN SEITE	
[M ₁]	B ₁	31,86 **	D ₁	16,16 *
	B ₂	21,42 **		
	B ₃	22,87 **	D ₂	21,41 **
[M ₂]	B ₁	30,29 **	D ₁	18,14 *
	B ₂	15,66 **		
	B ₃	24,54 **	D ₂	23,37 **
[M ₃]	B ₁	37,70 **	D ₁	31,89 **
	B ₂	15,54 **		
	B ₃	24,85 **	D ₂	27,33 **

FG = 4

$\chi^2_0(0,01) = 13,27$

$\chi^2_0(0,05) = 9,48$

FG = 8

$\chi^2_0(0,01) = 20,09$

$\chi^2_0(0,05) = 15,50$

Die Signifikanz der Differenz in der Frequenz zwischen je zwei Segmenten wurde durch denselben Test geprüft (S. 84).

D Diskussion

Bevor unsere eigenen Untersuchungsergebnisse und die Angaben der Voruntersucher geprüft werden, wird es zunächst versucht, die Beziehung zwischen der relativen Fortbestandsdauer des Stadiums und der relativen Länge des Segments vom rein theoretischen Gesichtspunkt aus mit graphischem Verfahren zu erklären.

In der Diskussion im vorigen Kapitel wurden die Veränderungsvorgänge der Welle gezeigt (Abb. 27); jetzt wird die gegenseitige Beziehung zwischen den beiden betreffenden Faktoren auf Grund der schon vorgelegten Erläuterung der Veränderungsvorgänge der Welle ermittelt werden.

Abbildung 35 wurde unter den folgenden Vorbedingungen gezeichnet.

a) Auf Grund einer experimentell festgestellten Tatsache, dass die Dauer eines Zyklus immer konstant ist, nimmt man an, dass die Segmente (1~5) in $t=0$ nach Verlauf der Dauer eines Zyklus wieder genau so wie am Anfang des Zyklus (d. h. in $t=0$) angeordnet werden. Die Dauer eines Zyklus wurde ganz aufs Geratewohl zu 14 Einheit-Stunden ($t=14$) bestimmt.

ABBILDUNG 34 χ^2 -Test der Differenz der Frequenz zwischen je zwei Segmenten

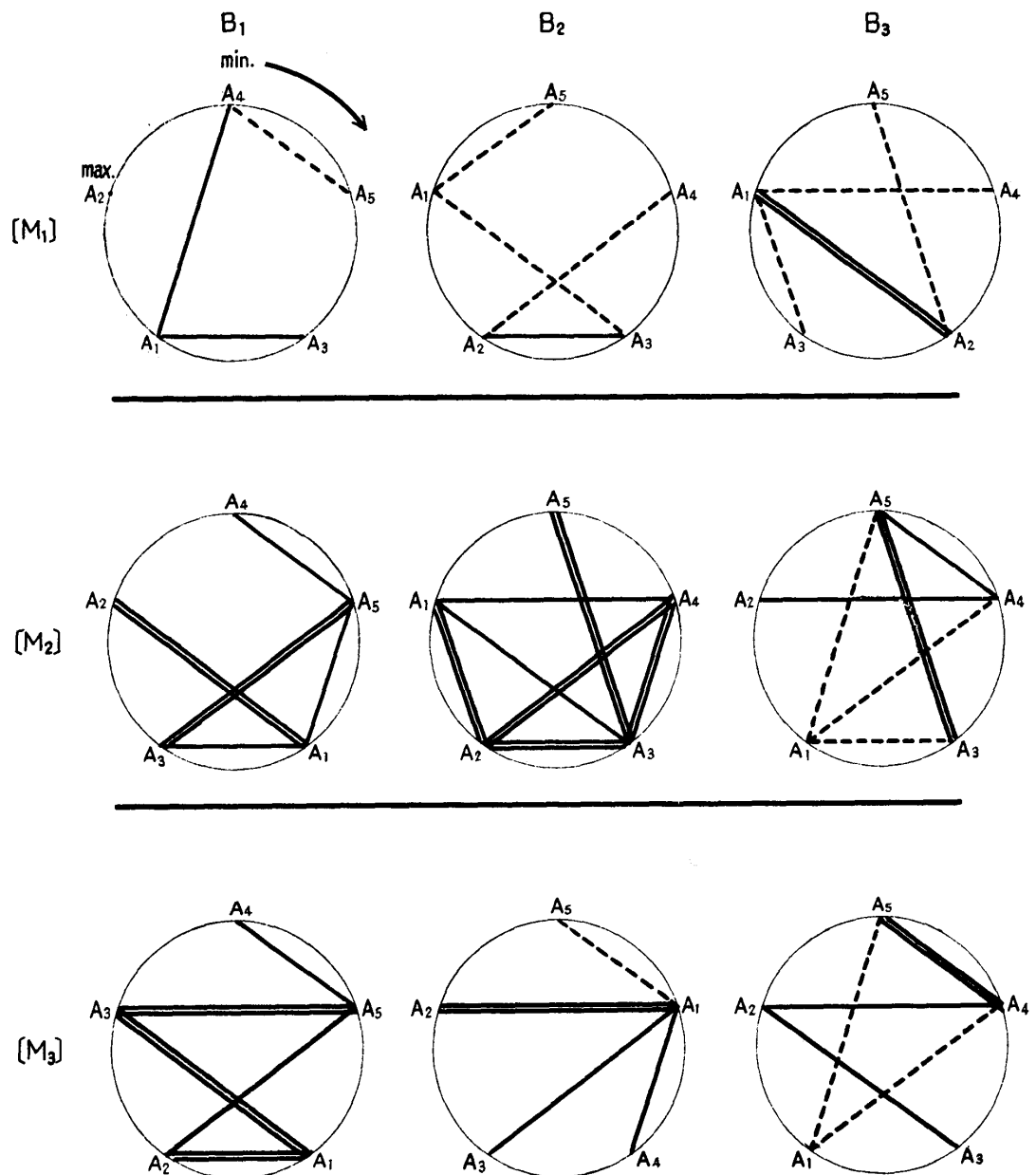
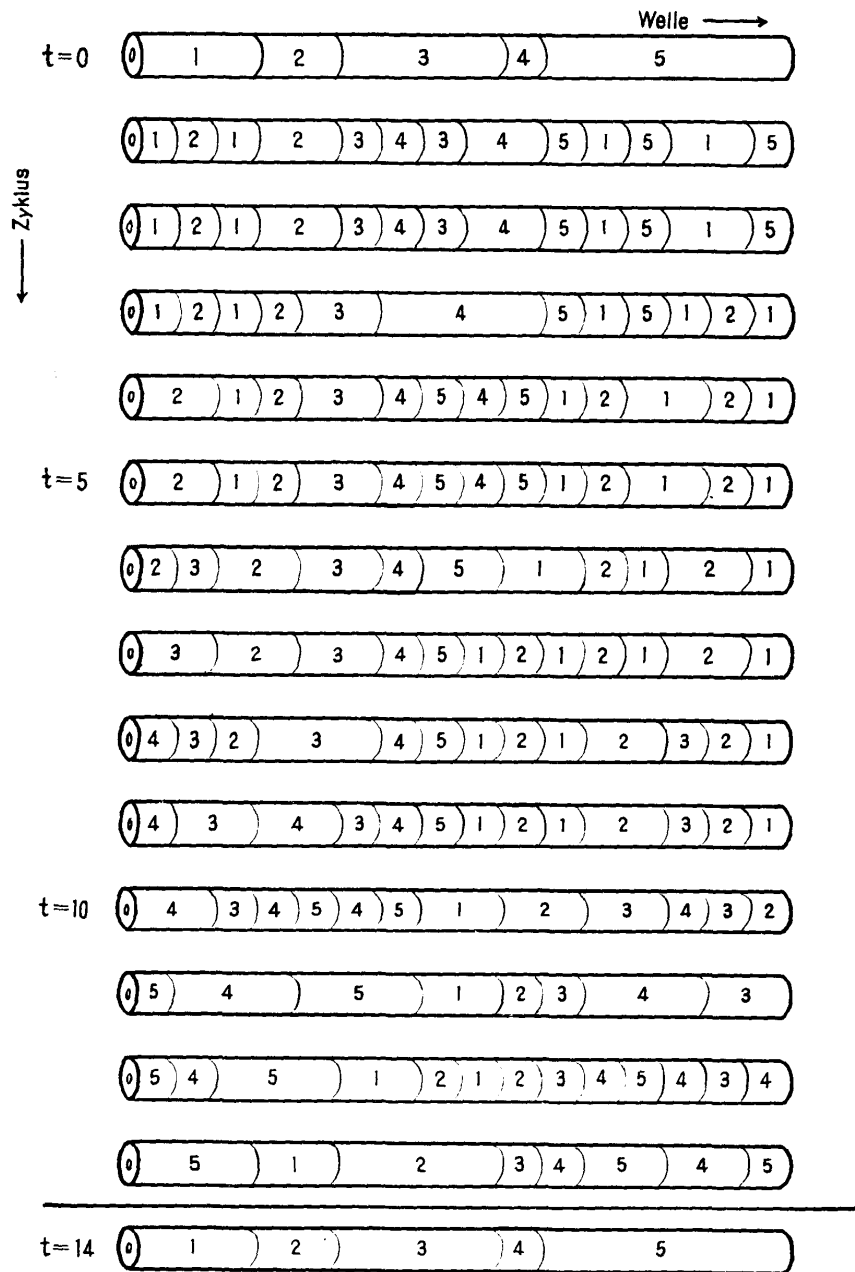


ABBILDUNG 35 *Beziehung zwischen dem Zyklus
und der Welle*



- b) Die Kontinuität der Nummer des Segments ist immer fest aufrechterhalten.
- c) Die Länge jedes Segments in $t=0$ wurde auf Geratewohl bestimmt.
- d) Ein Segment setzt sich aus den Teilen zusammen, die eine verschieden lange Zeit für den Uebergang ins nächste Stadium brauchen.

e) Man nimmt der Vereinfachung des Schemas halber wie folgt an, dass jeder Teil jedes Segments an der Gestalt und der Länge ganz gleich ist, obwohl jeder Teil in Wirklichkeit höchstwahrscheinlich voneinander verschieden ist.

f) Beim Uebergang eines Segments ins nächste Stadium geht jeder Teil des Segments nicht immer ganz regelmässig in der absteigenden Reihe der fortlaufenden Nummer, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium über.

Weil die Beziehung der Fortschrittsrichtung der Welle zum Rete testis beim Bullen noch nicht festgestellt ist, kann hier eine Bedingung nicht gestellt werden, dass jeder Teil eines Segments immer regelmässig in der absteigenden Reihe, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium übergeht. Noch bedeutender ist es, dass, wenn solche Bedingung gestellt wird, die Entstehung der Modulation, wie vorerwähnt, nie erklärt werden kann.

In Abbildung 35 werden also die Fortbestandsdauer des Stadiums sowie die Länge des Segments beide nicht in Betracht gezogen, ausgenommen dass die einzige Bedingung streng befolgt wird, dass die Kontinuität der Segmentsnummer immer aufrechterhalten wird.

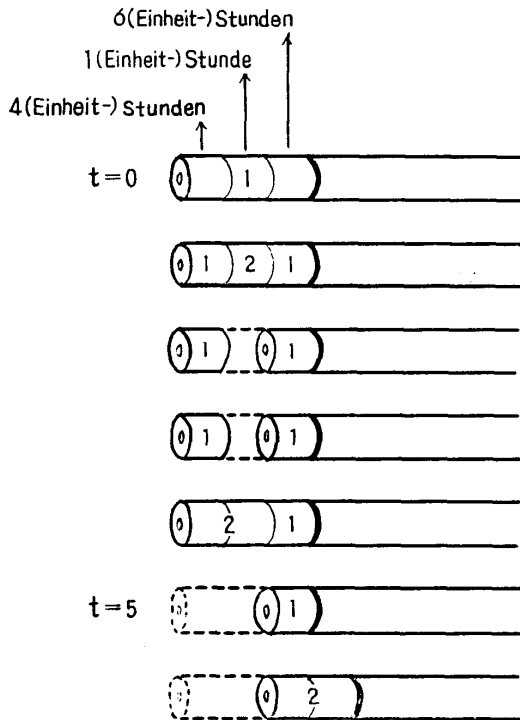
Wenn man jetzt die Gesamtlänge jedes Segments in allen Kanälchen während der Dauer von $t=0$ bis zu $t=13$ (genau gesagt: in ein und demselben Kanälchen, worin sich die Segmentsanordnung während der Dauer von $t=0$ bis zu $t=14$ von Stunde zu Stunde verändert) rechnet, so erhält man folgende Werte:

Segment	Gesamtlänge	Gesamtvolumen	Verhältnis der Frequenz jedes Stadiums
1	51	$51\pi r^2$	5,1
2	52	$52\pi r^2$	5,2
3	40	$40\pi r^2$	4,0
4	41	$41\pi r^2$	4,1
5	40	$40\pi r^2$	4,0

Die Gesamtlänge des Segments muss zu dem Gesamtvolumen des betreffenden Segments in Proportion stehen, und daher muss es sich auch zu der Frequenz des Stadiums proportional verhalten. Also gilt die allgemein anerkannte Annahme, dass die Frequenz des Stadiums zur relativen Fortbestandsdauer des betreffenden Stadiums in Proportion steht, auch für die relative Länge des Segments.

Nun wird die Dauer jedes Stadiums in der Abbildung 36 gezeigten Manier gemessen.

ABBILDUNG 36 Bestimmung der Fortbestandsdauer jedes Stadiums



Die Summe der Fortbestandsdauer jedes Stadiums ist wie folgt:

Stadium	Gesamtfortbestandsdauer
1	51
2	52
3	40
4	41
5	40

Jetzt ist es aus den oben gezeigten ganz klar, dass die relative Fortbestandsdauer des Stadiums der relativen Länge des entsprechenden Segments ganz gleich kommt. Hiermit bestätigt sich die Richtigkeit jener Hypothese von REGAUD, dass sich die Dauer des Stadiums zur Länge des entsprechenden Segments verhält. Dies gilt auch für andere Fälle, wobei man die Dauer eines Zyklus willkürlich z. B.

zu $t=7$ oder zu 10 bestimmt, soweit man graphische Darstellung der Veränderungsvorgänge der Welle unter denselben Bedingungen wie bei dem Verfasser versucht.

Die Entstehung der Modulation wird ohne weitere Erklärungen unmittelbar aus Abbildung 35 verdeutlicht. Nämlich, wenn die Dauer des Stadiums innerhalb der Grenze schwankt, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört, dann hat es natürlich die Modulation zur Folge. Aber hierbei auch ist die Bedingung selbstverständlich unentbehrlich, dass jeder Teil eines Segments nicht immer regelmässig in der absteigenden Reihe ins nächste Stadium übergeht.

Was oben erwähnt wurde, ist eine Konklusion aus der rein theoretischen Betrachtung über die Beziehung zwischen dem Zyklus und der Welle. Diese Konklusion über die gegenseitige Beziehung zwischen der Dauer des Stadiums, der Länge des Segments und der Frequenz des Stadiums muss nicht nur beim Normalen sondern auch beim Abnormalen standhalten. Es ist wohl möglich, dass beim Abnormalen die Dauer des Stadiums an sich oder die Länge des Segments an sich vom Normalen abweicht. Aber dennoch muss die oben geschriebene Beziehung zwischen dem Zyklus und der Welle, soweit die Kontinuität der Nummer aufrechterhalten ist, auch fürs Abnormale sicherlich gelten. Also wird der Ver-

fasser auf Grund der obenerwähnten theoretischen Betrachtung seine eigenen Untersuchungsergebnisse und die Mitteilungen der Voruntersucher ausführlich prüfen.

Wie schon geschrieben, untersuchte HOCHEREAU⁴¹⁾ die Sameneithelwelle beim normalen Bullen mittels des Serienquerschnittpräparats und erhielt die in Tabelle 31 wiedergegebenen Ergebnisse. Die Ziffern in der Tabelle zeigen die Messwerte der Segmentlänge ohne Transformation.

HOCHEREAU schweigt davon, ob die in Tabelle 31 gezeigten Werte ohne Transformation normal verteilt werden oder nicht. Nach unserer eigenen Untersuchung ist es, wie vorerwähnt, festgestellt, dass die Messwerte der Segmentlänge ohne Transformation nicht normal verteilt werden, aber durch Umformung in die Kubikwurzel der Normalverteilung nahe kommen. Daher wurde die statistische Analyse bei dem Verfasser immer an den in die Kubikwurzel transformierten Zahlenwerten angestellt. HOCHEREAU jedoch nahm die Durchschnittlänge und die Koeffizient der Variation unmittelbar aus den nicht transformierten Messwerten ohne Rücksicht auf die Frage der Normalverteilung; aber das ist genau gesagt gewagt.

Dieser Autor rechnete den Prozentsatz eines jeden in Tabelle 31 gezeigten Mittelwerts an der Durchschnittlänge einer Welle, verglich es mit der Frequenz des Stadiums, und erwähnte, dass die beiden Werte etwa gleich gross sind (Tab. 32).

Daraus schloss HOCHEREAU darauf, dass die Hypothese von REGAUD im Rechte ist. Auch bei der Ratte stellte der Autor diesselbe Untersuchung an und erhielt dieselbe Konklusion.

Andererseits hatten PEREY et al., die die Ratte mit derselben Methode wie bei dem Verfasser untersuchten, ein ganz anderes Ergebnis. Diese Autoren auch berührten die Frage der Normalverteilung der Messwerte der Segmentlänge nicht. Ihrer Angabe nach ist REGAUDs Theorie ganz falsch. Sie schrieben: „... segment VI has a length equal to about 2 % of the wave, while the duration of the corresponding stage VI is 9.2 % of the cycle“.

Unsere eigenen Untersuchungen weisen auf folgendes hin:

a) Die Messwerte der Segmentlänge kommen durch die Transformation in die Kubikwurzel der Normalverteilung nahe.

b) Der Mittelwert der transformierten Segmentlänge in jedem Stadium lässt eine signifikante Differenz zwischen den Segmenten erkennen, aber keine signifikante Differenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines Tieres.

c) Bei Anwendung der Einteilung des Zyklus von KRAMER wird die Segmentlänge vom Stadium C₁ an bis zum Stadium C₄ immer kleiner und wird vom Stadium C₄ an bis zum Stadium C₁₀ immer grösser.

d) Bei Anwendung der modifizierten Einteilung des Zyklus von KRAMER wird

TABELLE 31 *Messwerte der Segmentslänge beim normalen Bullen* (HOCHEREAU)

SEGMENT	1	2	3	4	5	6	7	8
min.	157 μ	187	220	60	30	50	90	198
max.	2 937	320	1 620	1 721	454	726	853	1 135
Mittelwert	1 394 $\pm$ 470	288 $\pm$ 33	703 $\pm$ 92	539 $\pm$ 108	145 $\pm$ 26	272 $\pm$ 51	359 $\pm$ 74*	638 $\pm$ 91
Zahl der gemessenen Segmente	6	4	15	19	20	13	11	11 *
Koeffizient der Variation	83,7% *	23,2	49,3	87,5	82,7	69,3 *	68,0 *	47,6 *

* von HOCHEREAU selbst korrigierte Ziffern

TABELLE 32 *Beziehung zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments* (HOCHEREAU)

STADIUM	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchschnittslänge des Segments	1 394 $\pm$ 470 μ	288 $\pm$ 33	703 $\pm$ 92	539 $\pm$ 108	145 $\pm$ 26	272 $\pm$ 51	359 $\pm$ 74	638 $\pm$ 91
Verhältnis der Durchschnittslänge jedes Segments zur Durchschnittslänge einer Welle	32,1%	6,6	16,2	12,4	3,3	6,2	8,2	14,7
Frequenz des Stadiums	27,59 $\pm$ 0,66%	9,15 $\pm$ 0,32	19,01 $\pm$ 0,99	11,23 $\pm$ 0,88	3,96 $\pm$ 0,30	9,39 $\pm$ 0,53	8,78 $\pm$ 0,10	10,91 $\pm$ 0,37

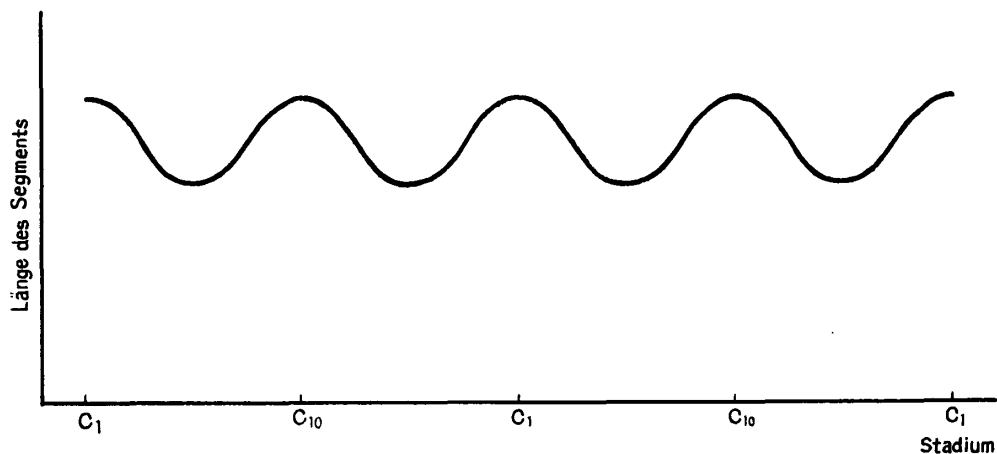
die Segmentslänge vom Stadium A_1 bis zum Stadium A_2 oder A_3 immer kleiner, und wird vom Stadium A_2 oder A_3 an bis zum Stadium A_5 immer grösser.

e) Falls die Frequenz des Stadiums ($A_1, A_2 \dots, A_5$) und die relative Länge des Segments ($A_1, A_2, \dots, A_5$) mittels der Zählungs- und Messungsmethode $[M_1]$ ermittelt werden, wird eine lineare positive Korrelation zwischen den beiden erkannt; aber bei Anwendung von $[M_2]$ oder $[M_3]$ ist solche Beziehung sehr schwer zu finden.

Die in c) und d) genannten Tatsachen sind schwer auszulegen, und wenn man es irgendwie erklären will, wird das besprochene unvermeidlich mehr oder weniger hypothetisch sein. Ist aber die folgende Erklärung darüber nicht möglich?

Die Spermiation findet immer im letzten Stadium des Zyklus statt, wobei die ausgestalteten Spermatozoen nicht nacheinander sondern alle zusammen ausgeschieden werden. Unter diesen Verhältnissen müssen die schon ausgestalteten Spermatozoen noch im Samenkanälchen bleiben, bis die ihnen nachkommenden Spermatiden bzw. Metaspermien ihren Reifungsvorgang vollenden. Es ist deshalb denkbar, dass das letzte Stadium sowohl zeitlich als auch räumlich länger als andere Stadien ist. Das Segment, worin die Spermiation stattfindet, ist nämlich C_{10} . Auf C_{10} folgt C_1 . Dieses Segment ist vielleicht unter einem Einfluss von C_{10} ziemlich lang. Diese Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und der Schwankung der Segmentslänge ist aus Abbildung 37 deutlicher zu begreifen.

ABBILDUNG 37 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und der Schwankung der Segmentslänge*



Woraus die Beziehung in der Länge zwischen Segment C_1 und C_{10} entsteht, wird irgendwie, obgleich sehr hypothetisch, aus den obenerwähnten verdeutlicht; aber zum mindesten in derselben Annahme können die Beziehungen zwischen den

anderen Segmentlängen nie erklärt werden. Aber wenn man es auch befriedigend genug erklärt hätte, würde die Erklärung von dem eigentlichen Wesen der Segmentlänge weit entfernt sein, denn die praktisch gemessene Segmentlänge lässt eine sehr grosse Variation erkennen.

Hier darf man die Tatsache nicht übersehen, dass die oben erwähnte Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und der Schwankung der Segmentlänge durchaus bei den Bullen mit Asthenospermie gefunden wurde. Ueber die Faktoren, die einen Einfluss auf die Segmentlänge ausüben können, hat man heute noch, ebenso wie über die Frequenz des Stadiums, gar keine Kenntnisse. Es ist noch nicht bekannt, ob die von dem Verfasser festgestellte Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und der Schwankung der Segmentlänge auch beim normalen Bullen vorhanden ist.

Angenommen, dass die Segmentlänge nicht variabel sondern ganz unbeweglich ist, dann können die praktisch beobachteten Veränderungsvorgänge der Welle, wie im vorigen Kapitel ausführlich diskutiert, nie erklärt werden. In der Tat schwankt der Messwert der Segmentlänge, wie schon wiederholt bemerkt, innerhalb einer sehr breiten Grenze. Deswegen—wenn auch als eine grundlegende Tatsache anerkannt werden darf, dass die Segmentlänge durch die Transformation in die Kubikwurzel der Normalverteilung nahe kommt—hat der Verfasser keine Absicht, zu behaupten, dass die oben erwähnte Beziehung zwischen dem Stadium und der Segmentlänge von ganz unbeweglicher Natur ist.

Dass die Länge des Segments innerhalb einer breiten Grenze schwankt, bedeutet aber nicht unmittelbar die Störung der Welle. Das war schon so ausführlich diskutiert, dass es hier nicht wiederholt zu werden braucht.

Wie vorerwähnt wird eine lineare positive Korrelation ($P < 0,01$) zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments bei Anwendung der Zählungsweise [M₁] erkannt. Das kommt mit der Konklusion aus der theoretischen Betrachtung über die Beziehung zwischen dem Zyklus und der Welle in Uebereinstimmung. Also, wird es festgestellt, dass die Theorie von REGAUD zu Recht besteht. Wenn man aber unsere eigenen Untersuchungsergebnisse über die Beziehung zwischen dem Zyklus und der Welle mit denjenigen von HOCHEREAU vergleicht, ist es deutlich, dass die Ergebnisse von HOCHEREAU der Theorie von REGAUD einen kräftigen Beweis erbringen kann. Obwohl die beiden Autoren über die Richtigkeit jener Theorie im Grunde miteinander derselben Meinung sind, gibt es doch einige Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsergebnissen. Es ist aber eigentlich nicht möglich, die beiden Untersuchungen miteinander genau zu vergleichen, weil sowohl die Materialien als auch die Methoden voneinander verschieden sind. Auch beim Abnormalen jedoch muss die Theorie von REGAUD, wie vorerwähnt, soweit die Kontinuität der Nummer des Segments aufrechterhalten ist,

gewiss haltbar sein. Wenn man also die Verschiedenheit der beiden betreffenden Untersuchungsergebnisse aus dem Unterschied zwischen den angewandten Methoden erklären will, so wird man vor allem die Einteilungsmethode des Samenepithelzyklus in Frage stellen müssen. Aber über die Frage wurden schon so viel gesprochen, dass es keiner Erklärung mehr braucht.

Wenn man die Zählungsmethoden $[M_2]$ und $[M_3]$ gebraucht, nämlich wenn man das Vorhandensein des Samenkanälchenschnitts in Betracht zieht, worin zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig erscheinen, dann wird keine signifikante Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments erkannt mit einer Ausnahme von $[M_2] D_2$, wobei aber nur eine schwach signifikante Korrelation ($P < 0,05$) vorhanden ist. Die Ursache davon kann wahrscheinlich wie folgt erklärt werden: Wie schon eingehend geschrieben, hegen diese beiden Methoden die für sich eigenartige Unvernünftigkeit und Ungenauigkeit. Wenn man von der Frequenz des Stadiums und von der relativen Länge des Segments voneinander getrennt handelt, kann man die Methoden nicht auf ihre Fehler hinweisen. Aber wenn man einmal die gegenseitige Beziehung zwischen den beiden ermittelt, dann kommen die Fehler ans Licht; nämlich die Methoden führen ein vernunftwidriges Untersuchungsergebnis herbei, dass es fast keine Korrelation zwischen den beiden gibt. Deshalb soll man bei der statistischen Behandlung der gleichzeitig erscheinenden, verschiedenen Stadien eine andere und vernunftmässige Weise als bei dem Verfasser probieren.

Auch KRAMER teilte es in seiner Untersuchung des normalen Bullen mit, dass viele Querschnitte in sich gleichzeitig zwei Stadien enthalten. Er erwähnt: Bei Ermittlung der Frequenz des Stadiums ist es zu erwünschen, diese beiden Stadien auf irgendeine Weise in die ganz allein erscheinenden Stadien zu übertragen. Soweit man den Zyklus oder die Welle vom Gesichtspunkt der Einteilung von KRAMER aus untersucht, so handelt es sich immer um das Vorhandensein des Kanälchenschnitts mit zwei oder mehr verschiedenen Stadien. Ohne Rücksicht auf das Dasein dieses Schnitts wird das gewonnene Untersuchungsergebnis immer sehr einseitig sein, und daher wird man endlich kein eigentliches Wesen der Kinetik der Spermatogenese beim Bullen erfassen können. Obwohl man, vom oben-erwähnten Gesichtspunkt aus, eine grosse Aufmerksamkeit auf die Anwesenheit des in Frage stehenden Schnitts richten darf, ist bis heute keine Untersuchung darüber publiziert worden. Der Versuch des Verfassers über die statistische Behandlung der gemischten Stadien hatte zwar keinen Erfolg, aber er wird irgendeine Rolle als Richtungsweiser für die Lösung dieses Problems spielen können.

Weil die Verteilung der Frequenz des Segments die signifikante Differenz durch das Individuum erkennen lässt, ist es gar nicht zu beantworten, an welchen

Segmenten Unregelmässigkeiten wie Modulation oder Uebersprung besonders häufig beobachtet werden. Ausserdem ist die Signifikanz des Unterschieds in der Verteilung der Frequenz zwischen den beiden Hoden eines Tieres höher als diejenige durch das Individuum. Daher ist es eine selbstverständliche Folge, dass es keine bestimmte Gesetzmässigkeit mit Bezug auf die Differenz in der Frequenz zwischen je zwei verschiedenen Segmenten gibt: Eine Differenz zwischen irgendwelchen zwei Stadien bei einem Tier ist wohl signifikant, aber bei einem anderen nicht; oder eine Differenz zwischen irgendwelchen zwei Stadien bei ein und demselben Tier ist bei Anwendung einer Zählungsweise wohl signifikant aber bei Anwendung der anderen nicht.

Es ist ganz unklar, ob die obengenannten Tatsachen nur bei unseren Bullen gefunden werden können oder nicht. Denn soweit dem Verfasser bekannt ist, ist bisher keine Ermittlung der Frequenz des Segments gemacht worden. Auch in den Untersuchungen von KRAMER und von HOCHEREAU werden keine statistische Beschreibung über die Modulation oder den Uebersprung gefunden. Unter diesen Umständen hat man gar keinen Beweisgrund, um es urteilen zu können, ob die von dem Verfasser erhaltene Frequenz des Segments denn normal oder abnormal ist. Falls die Kontinuität der Segmentsnummer schon gestört ist, mit anderen Worten gesagt, falls der Zyklus und die Welle schon vernichtet sind, hat es wahrscheinlich keine so grosse Bedeutung, die Frequenz des Segments in Frage zu stellen. Aber falls die Kontinuität der Nummer aufrechterhalten ist, und trotzdem, gerade wie bei unseren Fällen, irgendeine Sexualfunktionsstörung vorhanden ist, ist es nicht undenkbar, dass die Modulation oder der Uebersprung häufiger als beim normalen Bullen vorkommt. Wenn die Modulation oder der Uebersprung aussergewöhnlich häufig hervortritt, muss die Frequenz des Segments natürlich vom Normalen erheblich abweichen. Deswegen wird die Ermittlung der Frequenz des Segments bei der histologischen Diagnose der Spermatogenese des Bullen mit einer Art Sexualfunktionsstörung eine wichtige Rolle spielen können.

Wie schon immer wieder erwähnt, kann es gar nicht festgestellt werden, ob die von dem Verfasser gewonnenen Untersuchungsergebnisse über die Länge des Segments und über die Frequenz des Segments nur für Asthenospermie eigentümlich oder nicht ist. Insbesondere die interessante Tatsache, dass die Segmentlänge vom Stadium C_1 an bis zum Stadium C_4 immer kleiner wird, und vom Stadium C_4 an bis zum Stadium C_{10} immer grösser wird, muss später ausführlich nachgeprüft werden. Auch über das Problem der Frequenz des Segments insbesondere über die Differenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines Tieres soll man noch ausführlichere Prüfung anstellen, nicht nur mit der Klassifikation des Zyklus von KRAMER, sondern auch mit der Klassifikation von ORTAVANT.

IV SAMENEPITHELWELLE UND MEIOSE

In der von dem Verfasser angewandten Einteilung des Samenepithelzyklus wird der Ablauf des Samenepithelzyklus auf Grund der Transformationsstufen der Spermatiden in 10 Stadien eingeteilt. Wenn es sich in dieser Untersuchung um die Frequenz des Stadiums oder um die Anordnung des Segments handelt, ist das Objekt der Beobachtung, die der Diskussion über diese Probleme zugrunde liegt, immer die Gruppe der Spermatiden. Die Spermatiden entstehen selbstverständlich aus der meiotischen Zellteilung der Spermatozyten. Die schon beschriebene Segmentsanordnung wird deshalb durch die Beobachtung der Distribution der meiotischen Bilder der Spermatozyten im Samenkanälchen immer deutlicher erklärt werden können. Auch die Unregelmässigkeiten in der Segmentsanordnung können gewissermassen auf den Ausbreitungszustand der meiotischen Bilder zurückgeführt werden, weil die ungleichmässige Ausbreitung der meiotischen Bilder im Samenkanälchen irgendeinen Einfluss auf die Distribution der durch die meiotische Teilung produzierten Spermatiden ausüben könnte.

Wie schon berührt, erklärte KRAMER die Entstehung der Modulation wie folgt: An der Längsachse des Kanälchens entlang liegen die „Meiose-Zentren“ nebeneinander, woraus die „Meiose-Aktivität“ entsteht und sie nach den beiden Richtungen der Längsachse des Kanälchens fortschreitet. Die Meiose-Aktivität bewegt sich fort, um mit einer anderen Meiose-Aktivität aus einem anderen Zentrum zusammenzustossen. An diesem Ort, wo der Zusammenstoss geschieht, kehrt sich die Reihenfolge der Segmentsnummer d.h. von der aufsteigenden (oder absteigenden) Reihe zur absteigenden (oder aufsteigenden) Reihe um (Abb. 41). Das ist die Entstehungsursache der Modulation. Aber die Meiose-Aktivität bewegt sich nicht immer ununterbrochen fort. Die Aktivität kann bisweilen auf dem Wege ihrer Bewegung plötzlich zu einem weit entfernten Ort „springen“. Der Sprung verursacht die gestörte Kontinuität der Nummer.

Wenn diese Annahme ganz richtig ist, könnte allerart unregelmässige Anordnung des Segments ausschliesslich aus der „Bewegung der Meiose-Aktivität“ erklärt werden.

Von den oben erwähnten Gesichtspunkten aus hat der Verfasser die Meiose und die daraus entstandenen sekundären Spermatozyten und jungen Spermatiden im Längsschnittpräparat beobachtet, hat die dadurch erhaltenen Befunde topographisch gezeichnet und hat daraufhin die Distribution der obengenannten Zellarten auf statistische Weisen ermittelt. Auf Grund der somit gewonnenen Ergebnisse wurde festgestellt, ob die Annahme von KRAMER denn zu Recht besteht oder nicht.

A Morphologische Beobachtung

Die Zellarten, die als die Objekte der Beobachtung ausgewählt wurden, sind die primären Spermatozyten in der Metaphase und in den darauffolgenden Phasen, die sekundären Spermatozyten in der Interkinese, die teilenden sekundären Spermatozyten, und die eben aus der Meiose entstandenen, ganz runden Spermatiden. Die Beobachtung wurde an 3 Samenkanälchenlängsschnitten aus jedem Hoden jedes Tieres (also an $3 \times 2 \times 3$ Schnitten) ausgeführt, und die Befunde wurden topographisch abgebildet. In Abbildung 38 wird ein Teil der erhaltenen Beobachtungsergebnisse geliefert.

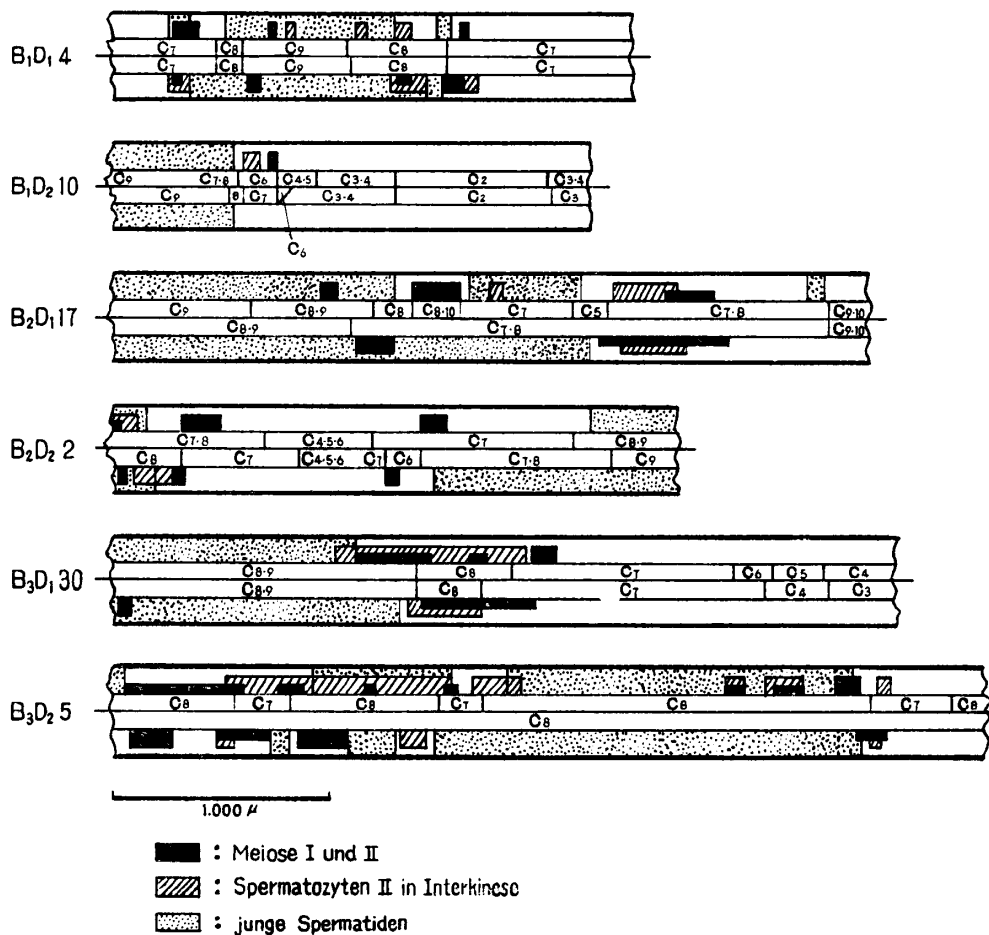
ABBILDUNG 38 *Topographie der Meiose-Gebiete*

Abbildung 38 weist uns, dass es immer in jedem Längsschnitt einen grossen Unterschied in der Länge sowie in dem Ort des Gebiets, worin die meiotischen Bilder erscheinen, zwischen den beiden Seiten eines Kanälchens gibt, und dass

sogar auch in ein und demselben Segment die Distribution der Meiose nie gleichmässig ist.

Weil die Distribution der meiotischen Bilder in ein und demselben Segment so ungleichmässig ist, darf man annehmen, dass sich die primären Spermatozyten in ein und demselben Segment nicht zur gleichen Zeit teilen, sondern dass sie von Gruppe zu Gruppe—jede Gruppe ist auch ganz verschieden gross—sowohl zeitlich als auch räumlich ganz willkürlich die Meiose-Vorgänge durchlaufen.

Auch an der Distribution der meiotischen Bilder wird eine Erscheinung wie Modulation erkannt. Zum Beispiel in $B_1 D_1 4$ findet man die Modulation ($\overleftarrow{C_7}, C_8, \overrightarrow{C_9}, C_8, \overleftarrow{C_7}$) und hierbei werden die meiotischen Bilder in den Segmenten C_7 an den beiden Enden des Schnitts gefunden. Aber zugleich werden auch in den Segmenten C_8 und C_9 die Meiose und die sekundären Spermatozyten beobachtet. Die Anwesenheit der sekundären Spermatozyten bestätigt, dass kurz vor ihrem Erscheinen die meiotische Teilung sicher an demselben Ort stattfand. Es ist deshalb nicht richtig, derartige Erscheinung an der Meiose „Modulation“ zu nennen.

Wenn auch die Ausbreitung der meiotischen Bilder wie oben geschrieben nicht gleichmässig ist, wird doch eine Tendenz bemerkt bei der sorgfältigen Besichtigung der Abbildungen. Die Meiose kommt am häufigsten im Segment C_7 oder im C_8 vor, und die anderen Zellen werden auch in einigen bestimmten Segmenten besonders oft beobachtet. Um diese Verhältnisse feststellen zu können, wurde die folgende statistische Ermittlung angestellt.

B Quantitative Ermittlung

Drei verschiedene Segmente C_7 , C_8 und C_9 im Längsschnitt wurden beobachtet, und sie wurden auf die An- oder Abwesenheit der Meiose hin wie folgt eingeteilt.

- + : Segment, worin die Meiose wirklich beobachtet wird
- (+): Segment, worin, obgleich kein sichtbares Meiose-Bild, das Dasein der sekundären Spermatozyten oder der jungen Spermatiden bestätigt, dass die Meiose einmal (kurz vor dem Erscheinen der Spermatozyten oder Spermatiden) an demselben Ort stattfand
- : Segment, worin weder die Meiose-Bilder noch die sekundären Spermatozyten und noch die jungen Spermatiden gefunden werden

Jedes Zeichen [+,(+), -] wurde an jedem Segment (C_7, C_8, C_9) zusammengezählt.

Dasselbe wurde an den sekundären Spermatozyten ausgeführt. Hierbei wurde das Segment mit (+) bezeichnet, worin, obwohl es keine sichtbaren sekundären Spermatozyten gibt, das Dasein der jungen Spermatiden bestätigt, dass sich die sekundären Spermatozyten einmal—kurz vor dem Erscheinen der Spermatiden—an demselben Ort befanden.

Auch an den jungen Spermatiden wurde dieselbe Ermittlung angestellt. Hierbei aber wurde die Klasse (+) nicht eingerichtet. Denn die Spermatozoen, die es bestätigen können, dass die Spermatiden einst an demselben Ort vorhanden waren, erscheinen erst im kommenden Zyklus, und daher ist es natürlich unmöglich, die Klasse (+) einzurichten.

Die Signifikanz der Differenz zwischen der Totalzahl von + und derjenigen von - wurde geprüft. Dabei aber wurde (+) in - übertragen.

TABELLE 33-1 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der Spermatiden (bei jedem Tier in jedem Hoden)*

		MEIOSE			SPERMATOZYTEN II			SPERMATIDEN		
		+	-	[(+) · -]	+	-	[(+) · -]	+	-	
C ₇	B ₁	9	3	[2 · 1]	7	5	[1 · 4]	1	*	11
	D ₁ B ₂	2	3	[2 · 1]	3	2	[1 · 1]	3		2
	B ₃	4	2	[0 · 2]	1	5	[0 · 5]	0	*	6
	insg.	15	8	[4 · 4]	11	12	[2 · 10]	4	**	19
C ₈	B ₁	1	1	[0 · 1]	1	1	[0 · 1]	0		2
	D ₂ B ₂	4	0	[0 · 0]	2	2	[0 · 2]	0		4
	B ₃	3	9	[3 · 6]	5	7	[1 · 6]	2	*	10
	insg.	8	10	[3 · 7]	8	10	[1 · 9]	2	**	16
C ₉	B ₁	5	3	[3 · 0]	5	3	[3 · 0]	8	**	0
	D ₁ B ₂	2	1	[1 · 0]	2	1	[1 · 0]	3		0
	B ₃	3	1	[1 · 0]	4	0	[0 · 0]	1		3
	insg.	10	5	[5 · 0]	11	4	[4 · 0]	12	**	3
C ₁₀	B ₁	0	1	[1 · 0]	1	0	[0 · 0]	1		0
	D ₂ B ₂	1	0	[0 · 0]	1	0	[0 · 0]	1		0
	B ₃	7	4	[1 · 3]	6	5	[2 · 3]	7		4
	insg.	8	5	[2 · 3]	8	5	[2 · 3]	9		4
C ₁₁	B ₁	3	1	[1 · 0]	2	2	[2 · 0]	4		0
	D ₁ B ₂	0	1	[1 · 0]	0	1	[1 · 0]	1		0
	B ₃									
	insg.	3	2	[2 · 0]	2	3	[3 · 0]	5	*	0
C ₁₂	B ₁	0	3	[3 · 0]	0	3	[3 · 0]	3		0
	D ₂ B ₂	0	1	[1 · 0]	0	1	[1 · 0]	1		0
	B ₃	0	2	[2 · 0]	0	2	[2 · 0]	2		0
	insg.	0	* 6	[6 · 0]	0	* 6	[6 · 0]	6	*	0

TABELLE 33-2 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der Spermatiden*
(an allen und jeden Hoden insgesamt)

	MEIOSE		SPERMATOZYTEN II		SPERMATIDEN	
	+	- [(+) · -]	+	- [(+) · -]	+	-
C ₇	23	18 [7 · 11]	19	22 [3 · 19]	6 **	35
C ₈	18	10 [7 · 3]	19 *	9 [6 · 3]	21 *	7
C ₉	3 *	8 [8 · 0]	2 *	9 [9 · 0]	11 **	0

Aus Tabellen 33-1 und 2 wird das folgende erklärt:

Die Meiose kommt vom Stadium C₇ bis zum Stadium C₈ immer häufiger vor; aber in diesen Stadien wird die Differenz zwischen der Zahl des Segments mit Meiose und derjenigen ohne Meiose noch nicht als signifikant erkannt ($P < 0,05$).

Die sekundären Spermatozyten treten vom Stadium C₇ bis zum Stadium C₈ häufiger auf, und vermindern sich dann im Stadium C₉. In den Stadien C₈ und C₉ ist die Differenz signifikant ($P < 0,05$).

Die Spermatiden erscheinen vom Stadium C₇ an bis zum C₉ immer häufiger, und die Differenz ist immer in jedem Stadium signifikant (C₇, C₉: $P < 0,01$; C₈: $P < 0,05$).

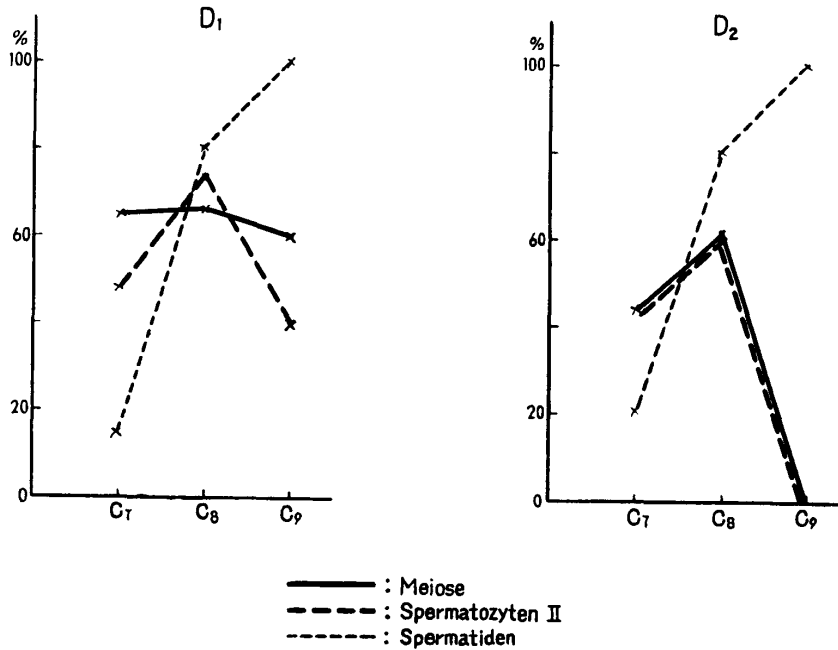
Wenn die in Tabelle 33-2 gezeigten Zahlenwerte in Prozentsatz ausgedrückt werden (aber an den beiden Hoden einzeln getrennt), ist die obenerwähnte Beziehung zwischen dem Stadium und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, den sekundären Spermatiden usw. noch besser zu begreifen (Tab. 34).

TABELLE 34 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der Spermatiden*
(an den beiden Hoden)

		MEIOSE		SPERMATOZYTEN II		SPERMATIDEN	
		+	- [(+) · -]	+	- [(+) · -]	+	-
C ₇	D ₁	15 (65,1) [%]	8 (34,9) [%]	11 (47,8)	12 (52,5)	4 (17,4)	19 (82,6)
	D ₂	8 (44,4)	10 (55,6)	8 (44,4)	10 (55,6)	2 (11,1)	16 (88,9)
C ₈	D ₁	10 (66,6)	5 (33,4)	11 (73,3)	4 (26,7)	12 (80,0)	3 (20,0)
	D ₂	8 (61,5)	5 (38,5)	8 (61,5)	5 (38,5)	9 (69,2)	4 (30,8)
C ₉	D ₁	3 (60,0)	2 (40,0)	2 (40,0)	3 (60,0)	5 (100)	0 (0)
	D ₂	0 (0)	6 (100)	0 (0)	6 (100)	6 (100)	0 (0)

Der Prozentsatz von + in Tabelle 34 wird in Abbildung 39 graphisch dargestellt.

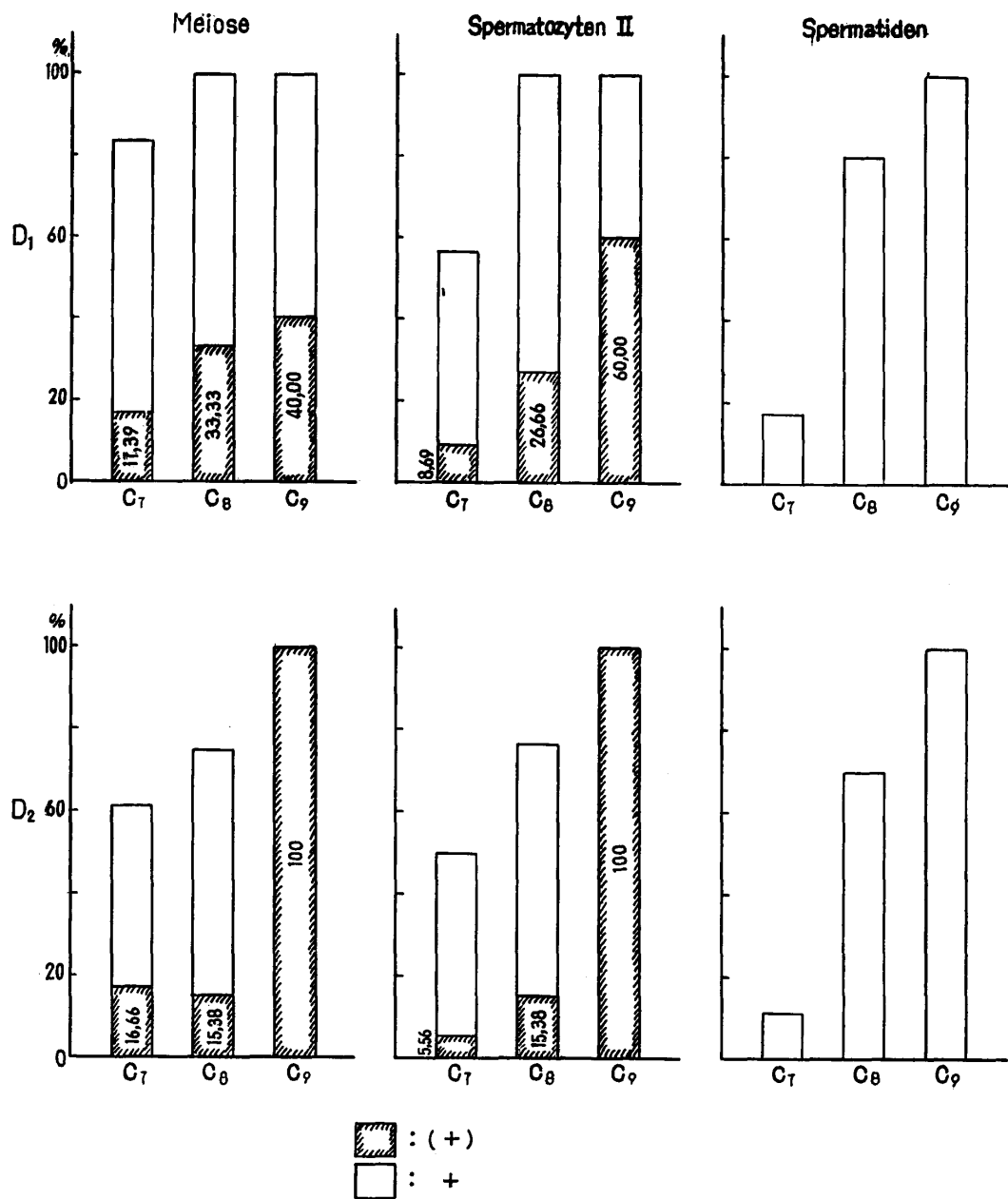
ABBILDUNG 39 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der Spermatiden—1*



Dass man (+) als — ansieht (S. 96), bedeutet unmittelbar dieselben Verhältnisse wie bei der praktischen mikroskopischen Beobachtung des Wechsels der betreffenden Zellarten. Deshalb kann man sagen, dass Abbildung 39 die in Frage stehende Beziehung auf ebensolche Art ausdrückt, wie man die betreffende Beziehung wirklich unter dem Mikroskop erkennt. Aber in dieser Manier der graphischen Darstellung kann man zwischen (+) und — nicht unterscheiden; nämlich zwischen dem Segment, das mit Bezug auf das Vorhandensein einer gewissen Zellart in ihm deswegen als (+) aufgezeichnet wurde, weil eine andere, aber in demselben Segment anwesende Zellart bestätigt, dass die betreffende Zellart, obgleich nicht zu sehen, einst an demselben Ort sicher vorhanden war, und dem Segment, das deswegen als — registriert wurde, weil darin weder die betreffende, sichtbare Zellart noch eine andere Zellart, die das frühere Vorhandensein der betreffenden Zellart bestätigen kann, anwesend sind. Mit solcher graphischen Darstellung ist deshalb die kinetische Beziehung zwischen dem Eintritt der Meiose und dem Ablauf des Stadiums nicht ganz genau zu erfassen. Aus diesem Grund wurde eine andere Methode aufgenommen, womit der Prozentsatz von (+) an der Gesamtzahl aller der Zeichen gerechnet wird, und es zugleich mit dem Prozentsatz von + in derselben Figur ausgedrückt wird (Abb. 40).

Aus Abbildung 40 wird die Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und

ABBILDUNG 40 *Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Erscheinen der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der Spermatiden—2*



dem Wechsel der verschiedenen Zellarten am deutlichsten erfasst. Bei der Beobachtung der Abbildung scheint es, als ob die Geschwindigkeit der Vermehrung der verschiedenen Zellarten im rechten Hoden (D_1) grösser als im linken Hoden (D_2) ist. Insbesondere in D_2C_8 ist der Prozentsatz des Segments mit Meiose etwas kleiner als in C_7 . Obgleich es wahrscheinlich auf einen Beobachtungsfehler zurückzuführen ist, dürfte es doch angenommen werden, dass es im linken Hoden eigentlich keinen so grossen Unterschied in der Erscheinungshäufigkeit der Meiose-Bilder zwischen C_7 und C_8 gibt. Hinsichtlich des Unterschieds zwischen den beiden Hoden ist eine Untersuchung veröffentlicht (LAGERLÖF), die darauf hindeutet, dass der rechte Hoden in seiner Funktion im allgemeinen aktiver als der linke Hoden ist. Aus diesem Gesichtspunkt wurde es auf die folgende Weise festgestellt, ob es denn einen signifikanten Unterschied in der betreffenden Beziehung zwischen den beiden Hoden gibt:

Die Zahl von $-$ und von $[(+) \cdot +]$ an jedem Stadium in den beiden Hoden wurde summiert und die erhaltenen Gesamtzahlen wurden durch χ^2 -Test und durch exakten Test von FISHER geprüft. Die Prüfung ergab, dass es keinen signifikanten Unterschied in der betreffenden Beziehung zwischen den beiden Hoden gibt.

C Diskussion

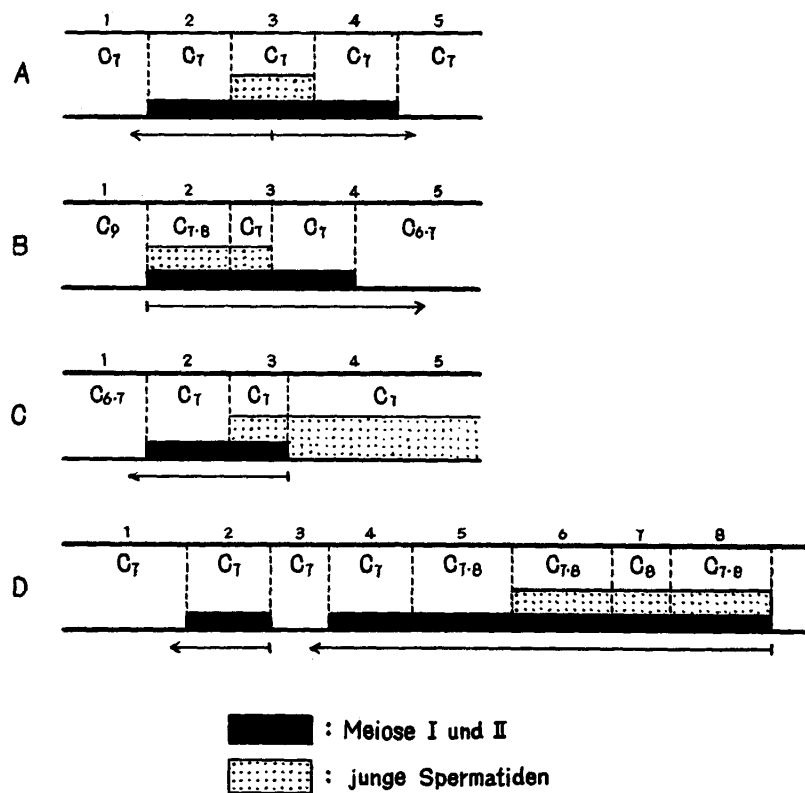
Wie schon wiederholt bemerkt, können die Veränderungsvorgänge der Welle ohne Voraussetzung irgendeiner Regulierungsfunktion für die Aufrechterhaltung der Kontinuität der Segmentsnummer keineswegs erklärt werden. Aber andererseits bedarf es keiner besonderen Annahme wie „Miose-Zentrum“, um die Entstehung der Meiose befriedigend erklären zu können. Nämlich die Entstehungsursache der Modulation wird wie folgt besprochen: Jeder Teil eines Segments geht nicht immer regelmässig in der absteigenden Reihe der fortlaufenden Nummer, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium über, und die Fortbestandsdauer des Stadiums schwankt innerhalb der Grenze, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört. Auch der Uebersprung der Segmentsnummer kann durch die Voraussetzung erklärt werden, dass die Dauer jedes Stadiums bisweilen so ausserordentlich länger oder kürzer werden kann, dass die Kontinuität der Nummer gestört wird. Hierbei bedarf es auch keiner besonderen Annahme „Miose-Zentrum“. Bei den Untersuchungen von KRAMER und von dem Verfasser bedeutet aber das Segment „Gruppe der Spermatiden in einem gewissen Stadium“. Die Anordnung des Segments ist deswegen durch die Ermittlung der Anordnung der Mutterzellen der Spermatiden, der Spermatozyten immer deutlicher zu erklären. Besonders wenn eine Regulierungsfunktion für Aufrechterhaltung der Kontinuität der Segmentsnummer mit der Meiose der primären Spermatozyten in irgendeinem

Zusammenhang stände, könnte die Annahme „Miose-Zentrum“ von KRAMER ein sehr wirksames Mittel für Erklärung der Samenepithelwelle sein.

Die Hypothese von KRAMER wird noch eingehender wie folgt erläutert.

In Abbildung 41 werden die von KRAMER gezeichneten Diagramme über die Bewegung der Meiose-Aktivität wiedergegeben (Aber dabei werden das Segment, das Meiose-Bild und die Spermatiden der Erleichterungen halber mit den in dieser Untersuchung gebrauchten Bezeichnungen versehen).

ABBILDUNG 41 Bewegung der Meiose-Aktivität (KRAMER)



In A befindet sich ein Meiose-Zentrum in C_7 unter Nummer 3. Zuerst findet die Meiose in diesem Segment statt und daraus bewegt sich die Meiose-Aktivität nach den beiden Richtungen des Kanälchens. Wenn die Meiose in C_7 unter 2 und in C_7 unter 4 hervorkommt, erscheinen schon die neuen Spermatiden in C_7 unter 3. Es ist auch der Fall in B und C. In D kommt die Meiose zuerst in C_{7-8} unter 8 hervor, und die Meiose-Aktivität geht nach der Richtung des Pfeils. Plötzlich springt die Meiose-Aktivität von C_7 unter 4 zu C_7 unter 2.

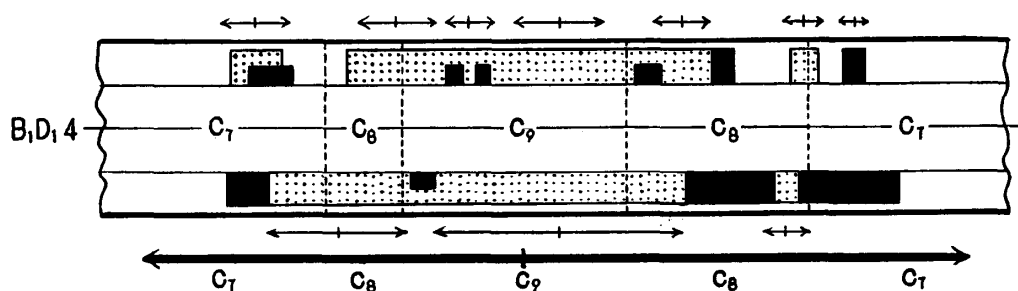
Wie aus den obigen Abbildungen verdeutlicht, hat der Zusammenstoß der beiden Meiose-Aktivitäten aus den voneinander entfernten Zentren die Umkehrung

der Nummernfolge des Segments d. h. die Modulation zur Folge. Wenn die Meiose-Aktivität, wie in D gefunden, plötzlich springt, dann findet der Uebersprung der Segmentsnummer statt; denn in dem Segment, das infolge des Sprungs der Meiose-Aktivität allein zurückgelassen wurde, kommt die Meiose später als in anderen Segmenten hervor.

Die Hypothese von KRAMER wird im wesentlichen wie oben zusammengefasst. Nun kommt es in Frage, ob die Untersuchungsergebnisse von dem Verfasser denn durch die Hypothese von KRAMER erklärt werden können oder nicht.

Jedes Segment in einem Längsschnitt in Abbildung 38 ($B_1 D_1 4$) wurde in derselben Manier wie bei KRAMER mit dem Pfeil versehen, worin die Bewegungsrichtung der Meiose-Aktivität ausgedrückt wird. Hierbei aber sind die sekundären Spermatozyten in die in der Meiose stehenden Zellen übertragen, weil KRAMER in seiner graphischen Darstellung der Meiose-Aktivität die sekundären Spermatozyten nicht von den in der Meiose stehenden primären Spermatozyten unterschied (Abb. 41).

ABBILDUNG 42 Prüfung der Hypothese „Miose-Zentrum“
von KRAMER—1

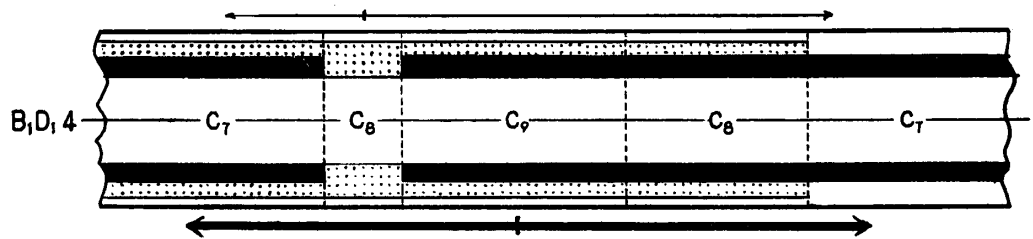


In Abbildung 42 ist das, was als Miose-Zentrum bezeichnet werden soll, in einem Zeichen $\leftrightarrow$ ausgedrückt. Auf der oberen Seite des Kanälchenschnitts befinden sich 7 Zentren und auf der unteren Seite 3. Am untersten wird die Modulation in einer dicken Linie ausgedrückt. Bedeutend ist, dass es hierbei äusserst schwer ist, eine bestimmte Beziehung zwischen der Entstehung der Modulation und der Bewegungsrichtung der Meiose-Aktivität zu finden. Es ist deshalb hier fast unmöglich, die Entstehungsursache der Modulation in der Bewegung des Miose-Zentrums aufzusuchen.

Wenn man die Distribution des Miose-Gebiets im Längsschnittpräparat in der Hypothese von KRAMER genau erklären will, so werden immer die Widersprüche hervorgerufen, wie es obengenannt wurden. Das von KRAMER selbst vorgelegte Diagramm aber ist, wie aus Abbildung 41 ersichtlich ist, sehr schematisiert, und bei diesem Autor handelt es sich nicht um den Kanälchenlängsschnitt sondern um

das Samenkanälchen an sich. Wenn die topographische Karte der Meiose-Gebiete von dem Verfasser also auf ganz dieselbe Weise wie bei KRAMER vereinfacht wird: Wird die Hypothese gerechtfertigt?

ABBILDUNG 43 Prüfung der Hypothese „Miose-Zentrum“
von KRAMER—2



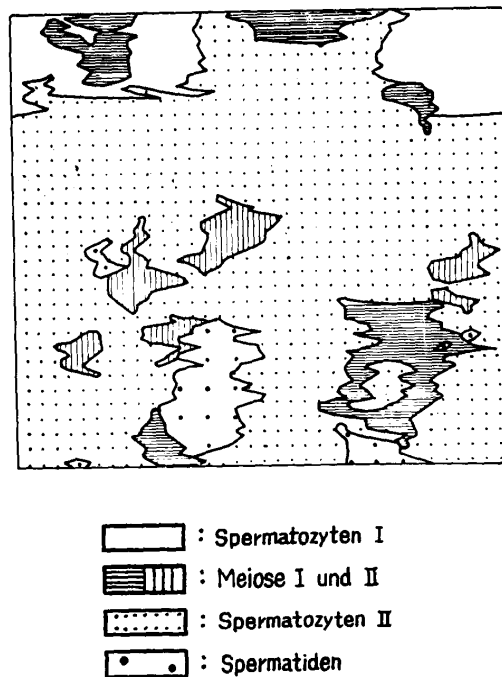
Wie aus Abbildung 43 deutlich wird, kann die Hypothese bei der Vereinfachung der topographischen Karte von dem Verfasser leidlich standhalten, weil die Modulation und die Meiose-Aktivität hierbei nach denselben Richtungen fortschreiten, obgleich ihre Ausgangspunkte voneinander etwas entfernt sind. Die Weise, worauf die Karte von dem Verfasser vereinfacht wurde, ist ganz identisch mit der Methode, die bei der schon geschriebenen quantitativen Ermittlung der Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Wechsel der Zellarten angewandt wurde. Es ist daher ganz klar, dass, wenn man die Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und der Erscheinungshäufigkeit der Meiose-Bilder und der Spermatiden quantitativ untersucht, so ein zu erhaltendes Ergebnis mit der im vorigen Paragraph „Quantitative Ermittlung“ erwähnten Konklusion ganz in Übereinstimmung zu bringen ist. Dann ist die oben gezeigte Abbildung 43 nicht mehr als das, was die betreffende Beziehung ausschliesslich graphisch ausdrückte.

Jetzt ist es ganz deutlich, dass man die Hypothese „Miose-Zentrum“ überhaupt nicht als ein notwendiges Mittel für Erklärung der Entstehung der Welle mit Einschluss der Modulation ansehen kann. Zugegeben, dass, weil die Anordnung des Segments, vom Gesichtspunkt der Einteilung des Zyklus von KRAMER aus betrachtet, mehr oder weniger von der Distribution der Meiose-Bilder im Samenkanälchen abhängig sein muss, die Entstehung der Welle gewissermassen durch die Distribution der Meiose-Bilder erklärt werden kann, liegt doch noch ein sehr fraglicher Punkt in seiner Hypothese. Wenn man die Welle auf Grund einer anderen Einteilung des Zyklus wie z. B. von ORTAVANT beobachtet: Kann man denn aussagen, dass die verschiedenen Erscheinungen an der Welle ausschliesslich aus der Distribution der Meiose-Bilder erklärt werden können? Wenn es KRAMER behaupten will, dass die Entstehungsursache der Welle in der Bewegung des Meiose-Zentrums besteht, hätte er eigentlich die Beobachtung der Welle auf Grund einer anderen Einteilung des Zyklus ausführen müssen. Aber er hat es nicht getan.

Obwohl sein Schluss notwendigerweise durch seine Methode bedingt ist, hat er nur den Schluss ohne Rücksicht auf die angewandte Methode betont. Darin besteht ein bedeutender Fehler seiner Theorie.

Ueber die Entstehung der Meiose schrieb KRAMER, dass die verschieden grossen Gruppen der primären Spermatozyten an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten in die meiotische Teilung eintreten. Dieser Autor ermittelte die Distribution der Meiose-Bilder mit Hilfe von Rekonstruktion aus den Serienquerschnitten und erläuterte es mit der in Abbildung 44 wiedergegebenen Karte, wie die Distribution ungleichmässig ist.

ABBILDUNG 44 Karte des Meiose-Gebiets von KRAMER



Wie aus Abbildung 44 deutlich wird, ist die Art, worin die Meiose hervortritt, sehr unregelmässig. Hier kann man keine Gesetzmässigkeit an der Gestalt, dem Flächeninhalt und an dem Ort des Meiose-Gebiets erkennen.

Angenommen, dass man die obengezeigte Karte wieder in die ursprüngliche Gestalt des Kanälchens rund macht und es longitudinal schneidet, so wird man auf der Schnittfläche verschiedene Zellgruppen finden, die sich auf eben solche Art ausbreiten, wie es der Verfasser schon in seiner topographischen Karte gezeigt hat.

Wenn man die ungleichmässige Distribution auf Grund der sehr genauen Auslegung der Hypothese von KRAMER auseinandersetzen will, wird man not-

gedrungen die verschiedenen Meiose-Aktivitäten voraussetzen müssen, die aus vielen Zentren entstehen und sich nach verschiedenen Richtungen oft „Sprung“ erfahrend fortbewegen. Ohne solch eine gezwungene und unvernünftige Voraussetzung kann man die Ursache der ungleichmässigen Distribution der meiotischen Bilder befriedigend genug verdeutlichen, wenn man annimmt, dass alle primäre Spermatozyten in ein und demselben Segment weder zur gleichen Zeit noch am gleichen Ort die meiotische Teilung beginnen. Dasselbe ist auch von KRAMER selbst geschrieben.

Zugegeben, dass die Meiose in jedem einzelnen Segment sowohl zeitlich als auch räumlich sehr unregelmässig hervorkommt, findet die Meiose dennoch zuerst in einem bestimmten Segment statt, und ergreift dann, vom Ganzen eines langen Kanälchens aus betrachtet, die angrenzenden Segmente ein nach dem anderen; das weist aber nicht unmittelbar auf die Realität des Meiose-Zentrums hin. Darum soll man auf alle Fälle ein Urteil über die Hypothese von KRAMER auf „zu hypothetisch“ fällen.

Die Theorie von KRAMER hat ihren Grund in der Ansicht von CLELAND über die Entstehungsursache der Welle. Wie schon bemerkt, setzte dieser Autor in seiner Untersuchung des Meerschweinchens für die Erklärung der Entstehungsursache der Modulation „Zentrum“ voraus, woraus die Mitose der Spermato gonien (keine Meiose!) entsteht und es sich nach den beiden Richtungen der Kanälchenlängsachse verbreitet. Bei KRAMER aber sind hiergegen die primären Spermatozyten mit dem „Zentrum“ bedeckt. Wenn er der Voraussetzung „Zentrum“, auf den Grund gegangen wäre, hätte er natürlich keine Spermatozyten sondern gerade die Stammzellen aller anderen Samenzellen, die A-Spermatogonien, ins Auge fassen sollen, da auch die Spermatogonien selbstverständlich aus den Spermatogonien entstehen.

V ERMITTLUNG DER ZAHL DER A-SPERMATOGONIEN UND DER PRIMÄREN SPERMATOZYTEN

Falls z. B. bei Oligospermie oder Azoospermie nur wenige oder keine Spermien im Ejakulat gefunden werden, kann zunächst die Verschlechterung der Spermien-Erzeugungsaktivität des Hodens infolge der Störung der Spermatogenese als die hauptsächlichste unter allen anderen möglichen Ursachen genannt werden. In solch einem Fall ist es möglich, dass sich nicht nur die Spermatozoen sondern auch die anderen Keimzellen im Samenkanälchen vermindern. Beim Normalen sind die Zahlenverhältnisse zwischen den verschiedenen Generationen von Samenzellen immer etwa konstant aufrechterhalten, aber bei den obengenannten Fällen muss das Zahlenverhältnis vom Normalen mehr oder weniger abweichend sein. Zum Beispiel ist das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien beim Normalen im allgemeinen beständig aufrechterhalten. Aber wenn die Spermatogenese durch irgendeine Ursache gestört wird, dann kann es geschehen, dass nicht nur das Zahlenverhältnis verändert wird, sondern auch, dass bisweilen die Zahl an sich der Spermatogonien, der Mutterzellen aller anderen Samenzellen, herabgesetzt wird. Es ist daher vor allem beim Tier mit Azoospermie oder Oligospermie von sehr grosser Bedeutung, die Zahl sowie das Zahlenverhältnis zu ermitteln.

Bisher sind manche Untersuchungen über das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den Spermatogonien beim Normalen veröffentlicht worden, aber am Bullen mit verschlechterter Fertilität sind, soweit dem Verfasser bekannt ist, nur zwei fragmentarische Mitteilungen von ORTAVANT⁷⁹⁾ und von PERRY & LABEN vorgelegt worden. Nach der Angabe von ORTAVANT ist die Durchschnittszahl der primären Spermatozyten pro Samenkanälchenquerschnitt beim Normalen $64,2 \pm 2,0$, und das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien 16 : 1. Hiergegen ist diejenige Durchschnittszahl bei einem Bullen mit subnormaler Spermatogenese—ORTAVANT schrieb nur „subnormal“, sonst nichts mehr erklärt—48,8 und das Zahlenverhältnis 10 : 1 oder kleiner. PERRY & LABEN teilten in ihrer Untersuchung der Bullen mit Oligospermie mit, dass es eine lineare positive Korrelation zwischen der Spermienzahl im Ejakulat und der Spermatidenzahl im Samenkanälchen gibt.

Der Verfasser hat vom obenerwähnten Gesichtspunkt aus ermittelt, ob die Zahl der Samenzellen im Hoden unserer Bullen, obgleich keine Herabsetzung der Spermien-dichte im Ejakulat gefunden wurde, denn wirklich keine Abweichung vom Normalen erkennen lässt.

Bei der Zählung der Samenzellen kommt es in Frage, welche Generation von Samenzellen gezählt werden soll. Es ist allgemein angenommen, dass die primären

Spermatozyten wegen ihrer wichtigsten und schwierigsten Rolle der Meiose auf verschiedene Reize oder Noxen von aussen her am empfindlichsten reagieren und daher gegen verschiedene Störungen am wenigsten widerstandsfähig sind (KNUDSEN⁴⁶), TIBA, BOUTERS). Daher kommt es, dass viele Forscher bei ihren Untersuchungen der Spermatogenese des Bullen mit Sexualfunktionsstörung die primären Spermatozyten vor allen anderen Keimzellen ins Auge gefasst haben (KNUDSEN⁴⁶⁻⁴⁸), ORTAVANT⁷⁹) unter allen anderen). Aber zugleich darf man das Vorhandensein der Mutterzellen aller anderen Samenzellen, der A-Spermatogonien, selbstverständlich nicht übersehen.

Aus den obengenannten Gründen wurden die A-Spermatogonien und die primären Spermatozyten gezählt. Die Zahl der A-Spermatogonien ist nicht in allen und jeden Stadien des Zyklus konstant aufrechterhalten, sondern ist schwankend. Und bei den primären Spermatozyten handelt es sich fast in allen Stadien um zweierlei Generationen, die jungen und die alten. In welchem Stadium und an welcher Generation sollen diese Zellen gezählt werden ?

Nach KRAMER beginnen sich die A-Spermatogonien im Stadium C_1 oder C_2 zu teilen und sie nehmen durch die darauffolgenden Stadien hindurch zu, bis sie im Stadium C_7 oder C_8 den Höhepunkt der Vermehrung erreichen. Auf diese Angabe hin wurde die Zahl der A-Spermatogonien in den beiden Stadien ermittelt: im Stadium C_1 , wo die Minimalzahl gezeigt werden muss, und im Stadium C_7 , wo die Maximalzahl erhalten werden muss.

Bei den primären Spermatozyten im Stadium C_1 oder C_2 handelt es sich um zweierlei Generationen (Abb. 6-1 & 2) d. h. die jüngeren Spermatozyten, die aus den B-Spermatogonien vom letzten Zyklus entstanden sind, und die älteren, die aus den B-Spermatogonien von vor zwei Zyklen entstanden sind. Die ersteren stehen noch in der Interphase oder im Preleptotän. Sie sind den B-Spermatogonien so ähnlich, dass man diese beiden Zellarten oft nicht voneinander unterscheiden kann. Deshalb ist es nicht ratsam, die jüngeren Spermatozyten in diesem Stadium zu zählen. Hiergegen sind die älteren nicht so schwer zu identifizieren, weil sie in diesen Stadien schon im Zygotän oder im Pachytän vorhanden sind, und deshalb können sie von den B-Spermatogonien verhältnismässig leicht unterschieden werden. Aus diesen Gründen wurden nur die älteren Spermatozyten im Stadium C_1 ins Auge gefasst.

Auch im Stadium C_7 oder C_8 werden zweierlei primäre Spermatozyten gefunden: die aus den B-Spermatogonien vom letzten Zyklus entstandenen Spermatozyten, und die aus den B-Spermatogonien von vor zwei Zyklen entstandenen Spermatozyten. Die letzteren beginnen sich gerade im Stadium C_7 zu teilen, wobei sie sich durch sehr bemerkenswerte morphologische Veränderungen kennzeichnen. Dagegen sind die morphologischen Eigentümlichkeiten der ersteren in demselben

Stadium nicht so auffällig, wie bei den letzteren Spermatozyten. Es ist deshalb natürlich vorteilhaft, die letzteren (älteren) Spermatozyten zu zählen, weil man es dadurch sicherlich vermeiden kann, irrtümlicherweise andere Art Keimzellen zu zählen. Also wurden die älteren Spermatozyten im Stadium C₇ gezählt, wobei aber nur die Zellen in den Phasen bis zur Metaphase gezählt wurden.

Wenn man die Zahl der A-Spermatogonien im Stadium C₁ mit der Zahl der primären Spermatozyten im Stadium C₁ oder im Stadium C₇ vergleicht, dann kann man feststellen, wieviele primäre Spermatozyten durch ein A-Spermatogonium erzeugt werden. Welches nimmt man besser, die Spermatozyten im Stadium C₁ oder diejenigen im Stadium C₇? Es ist gleichgültig, weil die primären Spermatozyten im Stadium C₁ ohne weitere Vermehrung aber nur mit Vergrößerung ins Stadium C₇ übergehen, und daher keine Differenz in der Zahl zwischen den beiden Stadien vorhanden sein kann.

Was die Morphologie der gezählten A-Spermatogonien anbelangt, wurden nur auf die Zellen gezieht, die im Ruhestadium stehen und einige typische Kennzeichen dieser Zellart besitzen. Nämlich, sie liegen immer an der Basalmembran an, haben das oft sehr dunkelrot gefärbte Zytoplasma, in dessen Mitte sich ein sehr grosser und runder oder elliptischer Kern befindet, der mit seiner Längsachse parallel zur Basalmembran liegt, und als die typischsten Merkmale die Abwesenheit des Feulgen-positiven Chromatins im Kern, worin auch das Kernplasma kaum gefärbt wird, und die Anwesenheit eines sehr grossen und oft etwas glitzernden Nukleolus. Alle andere fragliche Spermatogonien wie z. B. die teilenden A-Spermatogonien oder die der I-Spermatogonien verdächtigen Spermatogonien wurden immer ignoriert.

Um die wirkliche Zahl der Zellen zu finden, muss man eigentlich die Zahl der beobachteten Zellen korrigieren in Erwägung des Durchmessers der betreffenden Zellen (In der Praxis aber wird der Durchmesser der Kerne gemessen) und in Erwägung der Dichte des gebrauchten histologischen Präparats (ABERCROMBIE). In der vorliegenden Untersuchung aber wird die Zahl der Zellen ebenso wie bei ORTAVANT ohne Korrigieren angegeben.

A Ergebnisse

Die Zahlen der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten im Stadium C₁ und C₇ werden in Tabelle 35 eingetragen.

Nachdem die Zahl der primären Spermatozyten auf verschiedene Weise transformiert wurde, wurden die Vertrauens- und Verwerfungsgrenzen (Wahrscheinlichkeit > 99 %) der transformierten Zahlenwerte berechnet.

TABELLE 35 Zahlen der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten im Stadium C₁ und im C₇

		C ₁						C ₇					
		A-Spermatogonien			Spermatozyten I* ¹			A-Spermatogonien			Spermatozyten I		
		Mw.* ²	Gr.* ³	Z. Quer.* ⁴	Mw.	Gr.	Z. Quer.	Mw.	Gr.	Z. Quer.	Mw.	Gr.	Z. Quer.
B ₁	D ₁	2,66	0~4	21	33,00	16~54	21	6,33	4~11	15	31,05	17~46	15
	D ₂	2,50	0~6	16	29,55	16~46	16	5,92	4~11	13	41,92	32~49	13
B ₂	D ₁	4,66	0~5	12	52,21	31~67	12	—	—	—	—	—	—
	D ₂	3,33	2~4	6	58,00	35~78	6	—	—	—	—	—	—
B ₃	D ₁	3,52	2~6	19	47,15	34~60	19	—	—	—	—	—	—
	D ₂	2,97	0~8	36	41,00	16~62	36	—	—	—	—	—	—

*¹ Spermatozyten, die zugleich mit den obengenannten A-Spermatogonien in demselben Kanälchen beobachtet wurden

*² Durchschnittszahl pro Querschnitt

*³ Grenze

*⁴ Zahl der beobachteten Querschnitte

TABELLE 36 Vertrauens- und Verwerfungsgrenze der Zahlen der primären Spermatozyten im Stadium C₁ und im Stadium C₇
(bei jedem Tier in den beiden Hoden)

		TRANSFORMATIONSVERFAHREN		
		x	log x/log 2	$\sqrt{x}$
B ₁	D ₁	38,33 ≥ 33,00 ≥ 27,67*	37,77 ≥ 31,78 ≥ 26,74	37,93 ≥ 32,38 ≥ 27,26
		57,99 ≥ 33,00 ≥ 8,01**	71,41 ≥ 31,78 ≥ 14,10	62,36 ≥ 32,38 ≥ 12,18
	D ₂	35,13 ≥ 29,56 ≥ 23,99	34,68 ≥ 28,44 ≥ 23,43	34,93 ≥ 29,05 ≥ 23,78
		52,50 ≥ 29,56 ≥ 6,63	64,04 ≥ 28,44 ≥ 12,68	56,62 ≥ 29,05 ≥ 10,64
C ₁ B ₂	D ₁	55,26 ≥ 52,41 ≥ 49,58	61,91 ≥ 51,27 ≥ 42,61	61,59 ≥ 51,84 ≥ 42,92
		62,68 ≥ 52,41 ≥ 42,14	100,84 ≥ 51,27 ≥ 26,06	90,99 ≥ 51,84 ≥ 23,62
	D ₂	84,36 ≥ 58,75 ≥ 33,14	100,01 ≥ 61,39 ≥ 37,79	85,65 ≥ 57,15 ≥ 34,32
		116,03 ≥ 58,75 ≥ 1,47	178,52 ≥ 61,39 ≥ 21,17	145,20 ≥ 57,15 ≥ 9,38
B ₃	D ₁	52,34 ≥ 47,16 ≥ 41,98	54,99 ≥ 47,50 ≥ 40,87	52,15 ≥ 46,78 ≥ 41,80
		70,34 ≥ 47,16 ≥ 23,97	92,16 ≥ 47,50 ≥ 24,39	72,89 ≥ 46,78 ≥ 26,52
	D ₂	45,43 ≥ 41,00 ≥ 36,57	44,63 ≥ 39,67 ≥ 35,07	45,09 ≥ 40,44 ≥ 35,94
		68,03 ≥ 41,00 ≥ 13,97	82,83 ≥ 39,67 ≥ 18,90	73,82 ≥ 40,44 ≥ 17,28
C ₇ B ₁	D ₁	44,71 ≥ 35,80 ≥ 26,90	44,14 ≥ 33,82 ≥ 25,92	44,39 ≥ 34,92 ≥ 26,51
		71,52 ≥ 35,80 ≥ 0,09	98,36 ≥ 33,82 ≥ 11,63	79,95 ≥ 34,92 ≥ 8,23
	D ₂	46,09 ≥ 41,92 ≥ 37,75	57,40 ≥ 41,36 ≥ 29,92	46,09 ≥ 41,73 ≥ 37,66
		57,79 ≥ 41,92 ≥ 26,05	143,40 ≥ 41,36 ≥ 11,98	59,39 ≥ 41,73 ≥ 27,23

*: Vertrauensgrenze (P > 99%)

**: Verwerfungsgrenze (P > 99%)

x: Zahl der beobachteten Zellen

Alle andere Zahlenwerte als an x sind wie üblich schon wieder in die anfängliche Form transformiert.

Tabelle 36 weist darauf hin, dass die Vertrauensbereiche bei den beiden Hoden eines Tieres immer übereinander liegen, aber dass diejenigen bei den Hoden von ein und derselben Seite bei allen Tieren nie übereinander liegen. Daher wird es erlaubt, die Vertrauens- und Verwerfungsgrenze bei jedem einzelnen Tier ohne Rücksicht auf den Unterschied zwischen den beiden Hoden (hierbei nicht signifikant) zu berechnen, aber hiergegen wird es nicht erlaubt, die durchschnittliche Grenze aus allen Tieren ohne Rücksicht auf den Unterschied zwischen den Individuen (hierbei signifikant) zu nehmen. Also wurden die Vertrauens- und Verwerfungs-

grenzen der nicht transformierten Zellzahl (x) an jedem einzelnen Tier berechnet (Tab. 37).

TABELLE 37 Vertrauens- und Verwerfungsgrenze der primären Spermatozyten im Stadium C_1 und im Stadium C_7 (an jedem Tier)

	C_1	C_7
B_1	$35,19 \geq 31,51 \geq 27,83$	$43,58 \geq 38,64 \geq 33,70$
	$54,21 \geq 31,51 \geq 8,81$	$65,33 \geq 38,64 \geq 11,95$
B_2	$62,39 \geq 54,28 \geq 46,17$	---
	$89,63 \geq 54,28 \geq 18,92$	---
B_3	$46,55 \geq 43,13 \geq 39,70$	---
	$68,85 \geq 43,13 \geq 17,40$	---

Weiterhin wurde festgestellt, ob eine in einer Regressionslinie ausdrückbare Korrelation zwischen der Zahl der A-Spermatogonien und der Zahl der primären Spermatozyten vorhanden ist. Wenn es solch eine Korrelation gibt, ist es theoretisch möglich, aus der Zahl der beobachteten A-Spermatogonien mit Hilfe von der Gleichung der Regressionslinie die Zahl der primären Spermatozyten zu berechnen. Aber die Prüfung der Regression von y (Zahl der beobachteten primären Spermatozyten) sowie der verschiedenen transformierten Werte von y ($\log y / \log 2$, $\sqrt{y}$, $\sqrt[3]{y}$) mit Bezug auf x (Zahl der beobachteten A-Spermatogonien) ergab, dass weder lineare noch quadratische Regression signifikant sind ($P < 0,05$).

Alle die schon angegebenen Prüfungsergebnisse über die Zahl der A-Sper-

TABELLE 38 Durchschnittszahl der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten im Stadium C_1 und im Stadium C_7 bei jedem Tier

	C_1		C_7	
	A-Spermatogonien	Spermatozyten I	A-Spermatogonien	Spermatozyten I
B_1	2,58 (1 : 12,12)	31,28 (12,12)	6,13	36,48
B_2	3,89 (1 : 14,42)	56,12 (14,42)	---	---
B_3	3,25 (1 : 13,24)	43,05 (13,24)	---	---

matogonien und der primären Spermatozyten werden in Tabelle 38 zusammengefasst.

B Diskussion

Die allererste Mitteilung über die Zahl der Samenzellen wurde 1901 von REGAUD gegeben, und seither sind die gleichartigen Untersuchungen bei verschiedenen Tierarten angestellt worden. Die Untersuchungsergebnisse von den Voruntersuchern über das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien sind in Tabelle 39 wiedergegeben.

TABELLE 39 *Untersuchungsergebnisse der Voruntersucher über das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien*

	TIERART	A-SPERMATOGONIUM : SPERMATOZYTEN I		
REGAUD ⁸²⁾	Ratte	1	:	19,3~27,6
ROOSEN-RUNGE & GIESEL	"	1	:	38
CLERMONT & LEBLOND ²⁶⁾	"	1	:	24
OAKBERG ⁶⁶⁾	Maus	1	:	17,8
CLELAND	Meerschweinchen	1	:	6,8~7,2
CLERMONT ²⁴⁾	Hausente	1	:	4
CLERMONT & LEBLOND ²⁸⁾	Affe	1	:	16
ORTAVANT ⁷⁸⁾	Schaf	1	:	16
ORTAVANT ⁷⁹⁾	Bulle	1	:	16
KRAMER	"	1	:	8,4~20,2
AMANN ⁵⁾	"	4,7 ± 0,6	:	$\begin{cases} 63,1 \pm 2,2 \text{ (jung)} \\ 58,1 \pm 2,3 \text{ (alt)} \end{cases}$

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse beim Bullen mit Einschluss von unseren eigenen Resultaten werden in Tabelle 40 übersichtlich gezeigt, obgleich die genaue Vergleichung dieser Angaben miteinander wegen der Unterschiede in der angewandten Einteilung des Zyklus und in der Rechnungsmethode der Durchschnittszahl der Zellen sehr schwierig ist.

TABELLE 40 Untersuchungsergebnisse von einigen Autoren über die Zahl der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten beim Bullen

		BEIM NORMALEN		BEIM ABNORMALEN	
		Stadium 1	Stadium 6	subnormale Spermatogenese studium 1	Stadium 6
ORTAVANT ⁷⁹⁾	A-Sp. gonien	3,9 ± 0,4	5,1 ± 0,6	4,4 ± 0,5	4,6 ± 0,5
	junge Sp. zyten I	64,2 ± 2,0	70,3 ± 4,0	49,0 ± 1,3	45,2 ± 2,2
	alte Sp. zyten I	65,2 ± 1,9		48,8 ± 1,4	
		Stadium I	Stadium II		
AMANN ⁵⁾	A-Sp.gonien	4,7 ± 0,6	9,5 ± 0,4		
	junge Sp. zyten I	63,1 ± 2,2			
	alte Sp. zyten I	58,1 ± 2,3			
		Stadium 16~12	Stadium 13~14		
KRAMER	A-Sp. gonien	2,44 (1,75~3,76)	6,85 (4,90~8,13)		
	Sp. zyten I	29,49 (20,93~39,17)			
				Asthenospermie mit Aspermie C ₁	Aspermie C ₇
Verfasser	A-Sp. gonein			3,26 (2,58~ 3,89)*	6,13**
	Sp. zyten I			43,48 (31,28~56,12)	36,48

* Durchschnitt aus 3 Bullen und die Schwankung

** Mittelwert an einem Bullen

TABELLE 41 Untersuchungsergebnisse von einigen Autoren über das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien

		BEIM NORMALEN		BEIM ABNORMALEN	
		A-Sp. gonium	Sp. zyten I	subnormale Spermatogenese A-sp. gonium	Sp. zyten I
ORTAVANT ⁷⁹⁾	1 : 16			1 : 10	
KRAMER	1 : 8,4~20,2				
AMANN ⁵⁾	1 : 13,8~14,9				
				Asthenospermie mit Aspermie	
Verfasser	1 : 12,1~14,4				

In der obigen vergleichenden Uebersicht der Untersuchungsergebnisse von den

Autoren wird kein Beweisgrund gefunden, woraus man darauf schliessen kann, dass die von dem Verfasser gewonnenen Ergebnisse ausschliesslich für den Bullen mit Asthenospermie eigentümlich ist. Wie schon erwähnt, liess die Spermiendichte im Ejakulat aus den betreffenden Bullen keine bedeutende Abweichung erkennen. Und es ist auch undenkbar, dass die Durchgangsstörung der Spermien in den Genitalien ausnahmslos bei allen den Tieren vorhanden waren, obschon es nicht experimentell festgestellt wurde. Ausserdem bestätigt die histologische Beobachtung des Hodengewebes und die Ermittlung der Zahl der Keimzellen die Abwesenheit der bedeutenden pathologischen Veränderungen in der Spermatogenese bei den Tieren. Aus diesen Gründen dünkt den Verfasser, dass die Asthenospermie bei den betreffenden Fällen, obgleich nicht festgestellt, durch irgendeine Störung der akzessorischen Geschlechtsdrüsen verursacht worden ist.

Die Regression der Zahl der primären Spermatozyten mit Bezug auf die Zahl der A-Spermatogonien, wie früher bemerkt, wurde nicht als signifikant erkannt. Das ist wahrscheinlich daraus zu erklären:

Nach der Mitteilung von ORTAVANT teilt sich eine A-Spermatogonienstammzelle in zwei A-Spermatogonientochterzellen, von denen nur eine die weiteren Zellteilungsvorgänge durchläuft, aber die andere bis zum Beginn des nächsten Zyklus ohne weitere Teilung im Ruhestand bleibt. Daher ist es immer möglich, dass sich zum mindesten ein A-Spermatogonium im Kanälchenschnitt befindet, das nicht mit den primären Spermatozyten in demselben Schnitt verwandt ist. Das ist eine Ursache. Eine andere Ursache besteht höchstwahrscheinlich darin, dass die Zahl der betreffenden Zellarten innerhalb der sehr breiten Grenze schwanken. Bei einem Fall wurden 11 A-Spermatogonien im Stadium C₇ auf einem Kanälchenquerschnitt gezählt. Hierbei müssen theoretisch 176 (=11×16) primäre Spermatozyten in demselben Schnitt gefunden werden. Aber bei der Beobachtung des Verfassers wurden so viele Zellen auf keinen Fall gezählt. Also, wenn eine signifikante Regression vorhanden sein sollte, könnte es nur in der Nähe davon erkannt werden, wo die Durchschnittszahl der betreffenden Zellarten liegt.

Als die dritte Ursache könnte folgendes genannt werden: Die Längsachse einer teilenden Zelle läuft nicht immer parallel zur Schnittfläche sondern immer nach verschiedenen Richtungen. In der Praxis aber wurde die Beobachtung des Verfassers immer ausschliesslich an der Querschnittfläche des Kanälchens und zwar nur an den Flächen ausgeführt, die in den Winkeln zwischen -45° ~ 90° zur Längsachse des Kanälchens stehen. Das bedeutet unmittelbar, dass unter den nach verschiedenen Richtungen geteilten Zellen nur diejenigen beobachtet wurden, die sich nach zwei Richtungen auf der Schnittfläche teilten.

Am Ende sei es auch eine Ursache, dass die Zahl der beobachteten Zellen nicht korrigiert wurde.

Dritter Teil

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSS

Es wurden die Untersuchungen des Samenepithelzyklus, der Samenepithelwelle und der Zahl der Samenzellen bei den Bullen mit der von Aspermie begleiteten Asthenospermie angestellt.

Material und Methode

I Versuchstiere Bei 3 Bullen der schwarzbunten Niederungsrasse wurden die Samenbeschaffenheiten etwa fünf Monate lang dauernd beobachtet. Ungefähr in 15 Monaten nach der Geburt wurden alle Tiere unter einer Diagnose „Asthenospermie, die mit Aspermie einhergeht“ kastriert (Tab. 1 & 2). Ob die Tiere fertil oder nicht waren, ist unklar, weil kein Befruchtungsversuch mit ihren Ejakulaten gemacht wurde.

II Histologische Präparation des Materials Sofort nach der Kastration wurde die Fixierung des Hodengewebes mit Helly'scher Flüssigkeit ausgeführt. Ausser des gewöhnlichen histologischen Hodengewebepräparats (im folgenden „Querschnittpräparat“ abgekürzt) wurde anderartiges Präparat hergestellt, wobei jedes einzelne Samenkanälchen isoliert und longitudinal geschnitten wurde („Längsschnittpräparat“ genannt). Zur Färbung der beiden Präparate wurde die von KRAMER modifizierte Feulgen-PAS-Kombinationsmethode von VAN DUYN aufgenommen.

III Einteilung des Samenepithelzyklus Dazu wurde die Einteilung von KRAMER aufgenommen, wonach sich der Samenepithelzyklus auf Grund der Transformationsvorgänge des Akrosom-Systems im Spermatid in 10 Stadien teilt. Die Stadien 5, 6, ..., 16 in der KRAMER'schen Einteilung wurden aber in der vorliegenden Untersuchung resp. mit Stadium C_1 , C_2 , ..., C_{10} bezeichnet.

IV Zählung und Messung Falls sich zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig in ein und demselben Samenkanälchenquerschnitt zeigen: Mit Bezug darauf, in welcher Manier die Zahl dieser Stadien behandelt werden soll, wurden ausser der bisherigen Methode ($[M_1]$) zweierlei neue Methoden ($[M_2]$) & ($[M_3]$) versucht.

Derselbe Versuch wurde auch bei der Messung der Segmentlänge angestellt. Falls zwei oder mehr verschiedene Stadien gleichzeitig in ein und demselben Segment erscheinen, wurden ausser der bisherigen Methode ($[M_1]$) zweierlei neue Methoden probiert mit Bezug darauf, auf welche Art die räumlichen Längen dieser Stadien behandelt werden sollen.

In der Einteilung des Samenepithelzyklus von KRAMER handelt es sich um 10 Stadien, aber diese Einteilung ist in mancher Hinsicht etwas zu umständlich. Um die statistische Analyse der erhaltenen Daten leicht machen zu können, wurden die Untersuchungsergebnisse über 10 Stadien oder 10 Segmente, die sich durch Anwendung der Einteilung von KRAMER ergeben, auf die unten gezeigte Weise zu den Ergebnissen über 5 Stadien oder 5 Segmenten zusammengebracht: $C_1 + C_2 = A_1$, $C_3 + C_4 = A_2$, ..., $C_9 + C_{10} = A_5$

Untersuchungsergebnisse und Diskussionen

I Frequenz des Stadiums im Samenepithelzyklus Mittels des Querschnittspräparats wurde die Frequenz des Stadiums ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) bei jedem Tier in jedem Hoden ermittelt, und die Signifikanz der Differenz in der Frequenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines jeden Tieres wurde durch χ^2 -Test geprüft. Dieselbe Prüfung wurde auch an 5 Stadien ($A_1, A_2, \dots, A_5$) angestellt, und ausserdem wurde die Signifikanz der Differenz zwischen je zwei Stadien geprüft (Tab. 7~9 & Abb. 8).

II Morphologische Beobachtung der Samenepithelwelle Verschiedene morphologische Veränderungen der Welle im Längsschnittpräparat wurden beobachtet, und daraufhin wurde die Entstehung verschiedener Erscheinungen an der Welle theoretisch aber mit graphischem Verfahren erklärt (Abb. 16~22).

III Quantitative Untersuchung der Samenepithelwelle Die Länge des Segments im Längsschnittpräparat wurde unter dem Mikroskop mit dem Mikrometer gemessen. Die Messwerte der Segmentlänge ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) wurden alle in die Kubikwurzel transformiert, und aus diesen transformierten Werten wurde die Durchschnittslänge jedes Segments bei jedem Tier in jedem Hoden genommen. Durch die Varianzanalyse wurde die Signifikanz der Differenz in der Durchschnittslänge zwischen den Individuen, zwischen den beiden Hoden ein und desselben Tieres und zwischen je zwei Segmenten geprüft (Tab. 13~19 & Abb. 28~30). Dieselbe Prüfung wurde auch an 5 Segmenten ($A_1, A_2, \dots, A_5$) angestellt, und ausserdem wurde die Gleichung der Regressionslinie des Stadiums zur Segmentlänge ausgerechnet (Tab. 20~25 & Abb. 31~33).

Zum Zweck der Feststellung der Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der Länge des Segments wurden folgende Formeln aufgenommen.

Frequenz des Stadiums :

$$\frac{\text{Zahl jedes Stadiums } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Totalzahl aller obigen Stadien}} \times 100$$

relative Länge des Segments :

$$\frac{\text{Durchschnitt aus den in die Kubikwurzel transformierten} \\ \text{Segmentslängen in jedem Stadium } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Summe aller obigen Durchschnitte}} \times 100$$

Auf Grund der aus den Formeln berechneten Zahlenwerte wurde die betreffende Korrelation ermittelt, und daraufhin wurde die Richtigkeit der Hypothese von REGAUD geprüft.

Das Segment in jedem Stadium ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) im Längsschnittpräparat wurde ohne Rücksicht auf seine Länge gezählt und seine Frequenz wurde berechnet. Die Signifikanz der Differenz in der Frequenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines jeden Tieres wurde durch den χ^2 -Test geprüft (Tab. 28 & 29). Dieselbe Prüfung wurde auch an 5 Segmenten ($A_1, A_2, \dots, A_5$) angestellt, und ausserdem wurde die Signifikanz der Differenz zwischen je zwei Segmenten geprüft (Tab. 30 & Abb. 33).

IV Samenepithelwelle und Meiose Die Distribution der Meiose-Bilder, der sekundären Spermatozyten und der jungen Spermatiden im Längsschnittpräparat wurde topographisch aufgezeichnet, und auf Grund der erhaltenen topographischen Karten wurde die Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Wechsel der oben gemerkten Zellarten statistisch ermittelt (Tab. 33 & 34, und Abb. 38 & 39). Daraufhin wurde die Richtigkeit der Hypothese von KRAMER „meiosis-centre“ geprüft.

V Ermittlung der Zahl der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten Mittels des Querschnittpräparats wurden die Zahlen der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten im Stadium C_1 und im Stadium C_7 bei jedem Tier in jedem Hoden ermittelt (Tab. 35). Die Zahlen der beobachteten primären Spermatozyten in den beiden Stadien wurden auf verschiedene Weise transformiert, und bezüglich der transformierten Werte wurden die Vertrauens- und Verwerfungsgrenze berechnet (Tab. 36). Und auch wurde das Zahlenverhältnis der primären Spermatozyten zu den A-Spermatogonien bei jedem Tier festgestellt (Tab. 38).

Aus den oben erwähnten Untersuchungen wurden folgende Schlüsse gezogen. Aber hier muss im voraus darauf geachtet werden, dass es auf der heutigen Stufe der Untersuchung über die Kinetik der Spermatogenese kaum festgestellt werden kann, ob einige der von dem Verfasser gezogenen Konklusionen nur für die betreffenden Fälle Geltung oder eine Allgemeingültigkeit haben können. Dies muss insbesondere in den Konklusionen 4), 5) und 7) betont werden. Die gründliche Lösung dieser Fragen bedarf der zukünftigen ausführlicheren Untersuchung.

1) Was die morphologischen Veränderungen in der Welle anbelangt, kann kein grosser Unterschied zwischen unseren eigenen Untersuchungsergebnissen und den Angaben übers Normale von KRAMER und von HOCHEREAU⁴¹⁾ gefunden werden.

Also, angenommen dass es keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Untersuchungen am normalen und kranken Bullen gibt, können die folgenden Bedingungen als notwendige Bedingungen für die befriedigende Erklärung der Veränderungsvorgänge der Welle gestellt werden auf Grund von unseren eigenen Beobachtungen sowie theoretischen Betrachtungen über die Welle, und unter Bezugnahme auf die Angaben jener beiden Autoren.

a) Die Fortbestandsdauer des Stadiums schwankt immer aber innerhalb der Grenze, in der die Schwankung die Kontinuität der Segmentsnummer nicht stört.

b) Für Erklärung der stetigen Aufrechterhaltung der Kontinuität der Segmentsnummer muss notwendigerweise das Vorhandensein irgendeiner Regulierungsfunktion für die Welle vorausgesetzt werden.

c) Die Länge des Segments schwankt immer.

d) Beim Uebergang eines Segments von einem Stadium ins nächste Stadium, geht jeder Teil des Segments nicht immer regelmässig in der absteigenden Reihe der fortlaufenden Nummer, vom Rete testis aus gesehen, ins nächste Stadium über.

2) Was die Korrelation zwischen der Frequenz des Stadiums und der relativen Länge des Segments betrifft:

a) Wenn man die Frequenz des Stadiums und die Länge des Segments mit der Zählungs- und Messungsmethode $[M_1]$ ermittelt, so wird eine lineare positive Korrelation zwischen den beiden erkannt. Die Hypothese von REGAUD ist daher richtig.

b) Bei Anwendung von $[M_2]$ und $[M_3]$ ist solch eine Korrelation nur sehr schwer zu finden.

3) Der Durchschnitt aus den in die Kubikwurzel transformierten Segmentlängen bei jedem Tier in jedem Hoden auf jedem Stadium lässt keine signifikante Differenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines jeden Tieres erkennen. Aber die Differenz durchs Stadium ist signifikant ($P < 0,01$).

4) Vom Stadium C_1 bis zum Stadium C_4 (oder vom A_1 bis zum A_2) wird die Segmentlänge immer kleiner, und vom Stadium C_5 bis zum C_{10} (oder vom A_3 bis zum A_5) wird es immer grösser.

5) Die Frequenz des Segments lässt signifikante Differenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines jeden Tieres erkennen ($P < 0,05$).

6) Bei den von dem Verfasser untersuchten Bullen lässt die Frequenz des Stadiums signifikante Differenz zwischen den Individuen und zwischen den beiden Hoden eines jeden Tieres erkennen ($P < 0,05$).

7) Es gibt einen Unterschied zwischen den von dem Verfasser erhaltenen

Untersuchungsergebnissen über die Frequenz des Stadiums und denjenigen von KRAMER.

8) Die Hypothese von KRAMER „meiosis-centre“ ist nicht mehr als das, was die Beziehung zwischen dem Ablauf des Stadiums und dem Hervortreten der Meiose und daraus entstandenen jungen Spermatiden ausschliesslich graphisch ausdrückt. Weil man die Veränderungsvorgänge der Welle ohne eine Voraussetzung des „meiosis-centre“ befriedigend genug erklären kann, ist die Hypothese von KRAMER als „zu hypothetisch“ zu beurteilen.

9) Bei den betreffenden Bullen lassen die Zahl der A-Spermatogonien und der primären Spermatozyten und auch das Zahlenverhältnis der ersteren zu den letzteren keine bedeutende Abweichung vom Normalen erkennen.

ENGLISH SUMMARY

A quantitative study of spermatogenesis in the bull,
especially with regard to methodology

three bulls with asthenospermia
accompanied by aspermia

The primary purpose of the present study was to further clarify the kinetics of spermatogenesis in bulls with reproductive disturbances.

Although several reports of the kinetics of spermatogenesis in normal bulls have been published, at present, it is still not easy to obtain uniformity of opinion on this problem, especially with respect to the frequency of the stages in the cycle in the seminiferous epithelium. It seems to the present author that the divergency of opinion regarding frequency of these stages may be attributed to differences in experimental methods, particularly in the classification of the cyclical changes occurring in the seminiferous epithelium. On the other hand, there have been no published reports of systematic studies of the kinetics of spermatogenesis in bulls with various reproductive disorders, so far as the present author knows.

In order to investigate methods and techniques for quantitative analysis of the kinetics of spermatogenesis, the author studied three Holstein bulls with asthenospermia. Although it is difficult to draw definite conclusions under such obscure circumstances, it is hoped that this investigation may add to the present sum of knowledge in this field.

MATERIALS AND METHODS

I Experimental bulls Ejaculated semen samples were obtained from 3 Holstein bulls at 3~7 day intervals from November, 1957 to January 1958. A diagnosis of asthenospermia accompanied by aspermia was made in each case and the bulls were castrated (tabs. 1 & 2). They were about 15 months old at this time and nothing was known about their fertility since there had been no attempts to mate them.

II Histological preparations Immediately following castration the testicles were fixed in Helly's solution. In addition to routine procedures for preparing histological sections, longitudinal sections were made from seminiferous tubules isolated from the testicles. Each section was stained with KRAMER's modification of the Feulgen-PAS method.

III Classification of the cycle in the seminiferous epithelium KRAMER's

classification, in which one cycle is divided into 10 stages according to the serial development of the acrosomic system in a spermatid, was used in this study ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$). The cycle begins immediately after release of the spermatozoa.

IV Designation of stages and measuring the length of a segment When there were two or more different stages in one cross-section from a seminiferous tubule, in addition to the routine method ($[M_1]$), two other, newly devised methods ($[M_2]$ & $[M_3]$), were used to determinate the occurrence of any one stage.

The same procedure was used in measuring the length of a segment (one element in the wave in the seminiferous epithelium) when two or more different stages were present at the same time in one segment, in order to find a reasonable method of measuring the spatial length of a stage.

Since KRAMER's classification is a little complicated, especially in the diagnostic differentiation of the various histopathological changes in the testicle, and in the statistical analysis of the results obtained, in the present study KRAMER's classification of the frequency of 10 stages ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) or the length of 10 segments ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) was modified to include only five classifications of frequency and five of length.

RESULTS AND DISCUSSION

I Frequency of stages The frequency of the stages ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) was calculated from pairs of testicles from 3 bulls, and the significance of difference in the frequency both among individuals and in the same individual, was estimated by means of χ^2 -test. The frequency of the five classifications of stages described above ($A_1, A_2, \dots, A_5$) and the significance of the difference in the frequency between the corresponding stages of the two series was also tested (tabs. 7~9 & fig. 8).

II Morphological observation of the wave of the seminiferous epithelium Various morphological changes in the wave were studied from longitudinal sections and discussed theoretically using several illustrations (figs. 16~22).

III Quantitative investigation of the wave of the seminiferous epithelium The length of the segments in the longitudinal sections was measured directly with a micrometer. In each individual testicle, the cube roots of the actual measurements were used to calculate the average length of the segments. Among individuals, and in each individual, and in each pair in ten segments, the significance of difference in average lengths was tested by means of a factorial experiment (tabs. 13~19 & figs. 28~30). The same test was carried out with the segments $A_1 \sim A_5$. In addition the equation for the regression curve of the length of the segment ($A_1, A_2, \dots, A_5$) as a function of time was determined (tabs. 20~25 & figs. 31~33).

In order to determine the reliability of REGAUD's hypothesis, the correlation between two factors was calculated from the equations shown below (tabs. 26 & 27):

Frequency of stage :

$$\frac{\text{Observed number of each stage } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Total number of stages}} \times 100$$

Relative length of segment :

$$\frac{\text{Mean value of the transformed length of each segment } (A_1, A_2, \dots, A_5)}{\text{Grand total of all the above standing mean values}} \times 100$$

The occurrence of each segment ($C_1, C_2, \dots, C_{10}$) appearing in the longitudinal sections was recorded regardless of its length, and the significance of the difference in the frequency of the segments among individuals and in each individual was calculated using the χ^2 -test (tabs. 28 & 29). The same test was carried out on the occurrence of the segments ($A_1, A_2, \dots, A_5$) and the significance of the difference in frequency between each pair of these 5 segments was also tested (tab. 30 & fig. 33).

IV Wave in seminiferous epithelium and meiosis The distribution of the spermatocytes with meiotic division, resting secondary spermatocytes, and young spermatids in the longitudinally sectioned seminiferous tubules is illustrated. Using these topographic maps, a statistical analysis was made of the relation between the stages and the distribution of these cells (tabs. 33 & 34 and figs. 38 & 39), in order to determine the reliability of KRAMER's hypothesis of "meiosis-centre".

V Numbers of A-spermatogonium and primary spermatocyte The number of A-spermatogonium and primary spermatocyte in the C_1 and C_7 stages, which appeared in transversely sectioned preparations were counted, respectively (tab. 35). The confidence and rejection limits for the number of primary spermatocytes were obtained from various figures for that cell (tab. 36). The ratio of the number of primary spermatocytes to the number of the A-spermatogonia was also calculated for each animal (tab. 38).

The conclusions obtained may be summarized as follows :

1) The wave in the seminiferous tubules: It was difficult to find any marked difference between the present author's observations and those of KRAMER and HOCHEREAU. If the assumption that there is no essential difference between these authors' observations, is correct, the following conditions must be satisfied to clarify the developmental process of the wave.

a) The duration of a stage of the cycle may vary within certain limits, deviation from which does not disturb the continuity of the segmental order.

b) It is reasonable to assume the existence of some mechanism for controlling

the regularity of the wave, in order to maintain the continuity of order of the segments.

c) The length of a segment may vary within fairly wide limits.

d) The development of a stage does not always arise in the portion proximal to the rete testis and does not always progress in the distal direction.

2) Correlation between the frequency of the stage and the relative length of the segment: When determination of the frequency of the stage and of the length of segment was made by the method [M₁], a linear positive correlation was found between these factors, whereas when methods [M₂] or [M₃], were used, it was quite difficult to demonstrate such a correlation.

Here it should be noted that under these experimental conditions, it is difficult to determine whether or not the results observed are universal or are unique to the cases examined, and at present the conclusions are limited to the present author's cases.

3) No significant difference was observed in the mean value for the transformed length of each segment, either among individuals or in each individual, but the difference among the segments was significant ($P < 0.01$).

4) From stages C₁ to C₄, or from A₁ to A₂, each segment gradually decreased in length, while from C₅ to C₁₀, or from A₃ to A₅, the length of the segments increased.

5) There was a significant difference in the frequency of segments, both among individuals and in each individual ($P < 0.05$).

6) A significant difference was shown in the frequency of the stages, both among individuals and in each individual ($P < 0.05$).

7) Frequency of the stages: Some differences were pointed out between the results obtained by the author with pathological cases, and those obtained by KRAMER with normal cases, despite the use of the same experimental methods.

8) KRAMER's hypothesis of "meiosis-centre" is merely graphical, and deals with the relation between the progressive development of the stage and the appearance of spermatocytes in meiotic division and young spermatids. Because the phenomenon of the wave can be satisfactorily explained without a conception such as the "meiosis-centre", it is concluded that his theory is too hypothetical.

9) There seemed no remarkable difference in the number of A-spermatogonia or primary spermatocytes, or in the ratio of the number of these cells, between the present author's cases and normal ones.