

(Aus der Experimentell-biologischen Abteilung des Pathologischen Instituts der  
Universität Berlin [Vorsteher: Professor *A. Bickel*.])

## Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Salze auf die Entwicklung der Spermatozoen bei weißen Mäusen.

Von

Dr. N. Hirabayashi (Tokio).

(Eingegangen am 28. Januar 1924.)

Die Wirkung der Salze auf den Stoffwechsel der organischen Körper-  
substanzen muß sich in einer Beeinflussung der 3 Grundleistungen der  
lebenden Zelle äußern: in der Ernährung, im Wachstum und in den  
eigenartigen Leistungen der Zelle. Meine Versuche haben zum Gegen-  
stand den Einfluß der einzelnen, in der Nahrung hauptsächlich vor-  
kommenden Salze auf das Zellwachstum an dem Beispiel der Spermato-  
genese zu untersuchen. Sie knüpfen an die Arbeit von *Yamasaki*<sup>1)</sup> aus dem hiesigen Laboratorium an, in der dieser feststellte, daß bei  
einem aus Eiweiß, Fett und Kohlenhydrat bestehenden und kalorisch  
ausreichenden Nahrungsgemisch, das gleichzeitig alle Vitaminfaktoren  
in genügender Menge enthält, aber an Ca, Mg, K, P und Fe bei ge-  
nügendem NaCl-Gehalt äußerst arm war, schwerere Störungen im  
Wachstum der Spermatozoen bei weißen Mäusen auftraten, die sich  
unter anderem in einer Abnahme oder in einem völligen Fehlen der  
Spermatozoen in den Samenkanälchen und anderen Degenerations-  
erscheinungen zeigten. Entsprechend ernährte Tiere, die aber Ca, Mg,  
K, P und Fe — alle natürlich in Salzverbindungen — mit der Nahrung  
in reichlicherer Menge erhalten hatten, wiesen durchaus normale Hoden-  
bilder auf.

*Yamasaki* hatte seinen zellsalzarm, d. h. arm an Ca, Mg, K, Fe, J, P  
ernährten Tieren an Kochsalz soviel an *Gewicht* gegeben, als seine zell-  
salzreich ernährten Tiere, d. h. seine Normaltiere, an Kochsalz plus  
Zellsalz dem Gewichte nach erhalten hatten. Es hatten so die *Yamasaki*-  
schen zellsalzfrei aber kochsalzreicher ernährten Tiere ca.  $\frac{4}{5}$  Gewichts-  
teile Kochsalz mit der Nahrung mehr erhalten, als die zellsalzreich  
ernährten Mäuse. Denn bei diesen Versuchen enthielt das zellsalzhaltige  
Salzgemisch ca.  $\frac{1}{5}$  Gewichtsteile Kochsalz. Diese Versuchsanordnung  
war deshalb so getroffen worden, damit nicht bei den Tieren, die nur

Kochsalz bekommen sollten, eine allgemeine Salzarmut zustande käme und so evtl. Folgen einträten, die auf einer Veränderung der allgemeinen osmotischen Verhältnisse im Körper beruhten. Diese Versuchsanordnung hatte aber den Nachteil, daß diese Kochsalztiere, also die zellsalzarm ernährten Tiere, 5 mal soviel Kochsalz bekamen, als die Kontrolltiere. Man konnte so gegen die *Yamasaki*ischen Versuche einwenden, daß die bei den Kochsalztieren beobachteten Zellstörungen nicht durch einen Mangel an Zellsalz, sondern durch den Überschuß von Kochsalz zustande gekommen waren. Denn es hatten *Miori* und *Shinnosuke*<sup>2)</sup> u. a. zeigen können, daß z. B. trotz der Anwesenheit des Vitaminfaktors A in der Nahrung eine ungünstige Salzmischung in derselben, insonderheit auch ein hoher Kochsalzgehalt derselben Xerophthalmie und Keratomalazie, also schwere Gewebsstörungen, erzeugen können. Da aber aus meinen Versuchen, wie ich im folgenden zeigen werde, hervorgeht, daß auch Kochsalzmangel in der Nahrung grundsätzlich dieselben, wenn auch sehr viel geringere Zellveränderungen macht, wie sie *Yamasaki* bei seinen kochsalzreichen, aber zellsalzarm ernährten Tieren beobachtete, so kann man wohl mit Sicherheit annehmen, daß auch bei den *Yamasaki*ischen Versuchen nicht der Überfluß an Kochsalz, sondern der Mangel an Zellsalz in der Nahrung der Grund für jene Störungen war.

*Yamasaki* wollte in einem allgemeinen orientierenden Versuche nachsehen, ob überhaupt durch das Fehlen eines Salzkomplexes, nämlich der Zellsalze, Störungen in den samenbildenden Epithelien auftreten; mir hatte Herr Professor *Bickel* die Aufgabe gestellt, den Einfluß des Mangels jedes einzelnen Salzes mit Einschluß der umlaufenden Salze auf den gleichen Vorgang zu untersuchen. In Betracht kommen die Salze folgender Elemente: Na (einschließlich Cl), Ca, Mg, K, P, Fe. Ich stellte mir zu diesem Zwecke ein Salzgemisch Nr. 1 unter Anlehnung an das Osbornesche Salzgemisch<sup>3)</sup> her, das folgende Zusammensetzung hatte:

Salzgemisch Nr. 1.

|   |                 |            |                 |       |
|---|-----------------|------------|-----------------|-------|
| Jod- (0,05 g)                                   | Jodkali (0,1 g) | Lösung ad. | 5 g Flüssigkeit | 1,5   |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> |                 |            |                 | 10,0  |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                 |                 |            |                 | 37,0  |
| NaCl  |                 |            |                 | 20,0  |
| Natr. citricum                                  |                 |            |                 | 15,0  |
| Magnesium citricum                              |                 |            |                 | 8,0   |
| Calcium citricum.                               |                 |            |                 | 8,0   |
| Ferrum citricum                                 |                 |            |                 | 2,0   |
|   |                 |            |                 | 101,5 |

Da die Flüssigkeit der Jod-Jodkalilösung allmählich in dem Salzgemisch verdunstet, betrug also die Gesamtmenge dieser Salzmischung rund 100 g. Nun stellte ich außer diesem Salzgemisch Nr. 1 noch acht andere Salzgemische her, die im Grunde wie das Salzgemisch Nr. 1

zusammengesetzt waren, die sich aber nur unter sich dadurch unterscheiden, daß in jedem eins oder mehrere bestimmte Stoffe fehlten, nämlich im Salzgemisch Nr. 2: Ca + Na + Cl, im Salzgemisch Nr. 3: Na + Cl, im Salzgemisch Nr. 4: Ca, im Salzgemisch Nr. 5: K + P + Mg + Fe, im Salzgemisch Nr. 6: K, im Salzgemisch Nr. 7: P, im Salzgemisch Nr. 8: Mg, im Salzgemisch Nr. 9: Fe. Es war dafür gesorgt worden, daß der Stoffmangel, der in den Gemischen Nr. 2 bis Nr. 9 im Vergleich zu dem Gemisch Nr. 1 durch die Wegnahme bestimmter Salze entstand, durch Auffüllung des betreffenden Salzgemisches mit Zucker auf das Gewicht von 100 g ausgeglichen wurde, so daß also in jedem Salzgemisch der Prozentgehalt an jeder darin überhaupt vorhandenen Stoff (J, Ca, Mg, Na, K, P, Fe) dem Prozentgehalt eben dieser Substanz in dem Salzgemisch Nr. 1 gleich war. Wenn also z. B. in einer Reihe von Salzgemischen K vorhanden war, so war der Prozentgehalt an K immer derselbe. Die Ionenkonzentration dieser Elemente war in allen Salzgemischen, in denen sie überhaupt vorkamen, die nämliche. Die Gewichtsmengen an Salzen, in denen diese Elemente bei der Anfertigung der Salzgemische verwandt wurden, schwankte natürlich etwas; denn wenn z. B. aus dem Salzgemisch Nr. 1 der Phosphor (natürlich kommt er bei diesen Versuchen immer nur als Phosphat in Frage) entfernt werden sollte zur Herstellung des Salzgemisches Nr. 7, so mußten an Stelle der 10 g  $\text{Ca}_3(\text{HPO}_4)_2$  und der 37 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , um die gleiche Ca- und K-Ionenmenge zu gewährleisten, dafür 26 g Calcium citricum und 32 g KCl gesetzt werden. Schwankungen im Chlorgehalt waren so allerdings nicht zu vermeiden.

Jedenfalls wurde mit dieser Versuchsanordnung erreicht, daß nunmehr alle Tiere gleiche Ionenmengen derjenigen Stoffe bekamen, die sie erhalten sollten, und daß diejenigen Tiere, die ein oder mehrere dieser Elemente nicht bekommen sollten, diese auch nicht erhielten, ohne daß sie darum von anderen der hier in Frage kommenden Stoffe mehr erhielten. Nur in dem Salzgemisch Nr. 2, 4 und 6 war etwas zu wenig P, in dem Salzgemisch 7 etwas zu viel Cl.

Eine ideale Durchführung des oben aufgestellten Grundsatz in allen Fällen ließ sich nicht erreichen, weil man bei der Auswahl der Verbindungen auf die Unschädlichkeit derselben für den Tierkörper Rücksicht nehmen mußte. Da, wo solche kleinen Abweichungen nicht vermieden werden konnten, sind sie bei der Umrechnung auf die an das einzelne Tier verfütterte Gewichtsmenge so gering, daß sie unmöglich als Fehler in der Versuchsanordnung gelten können.

Da aber bei meinen Versuchen alle Tiergruppen dem Gewichte nach weniger Salz bekamen, als diejenigen Gruppen, die mit dem Salzgemisch Nr. 1 ernährt worden waren, so könnte man den Einwand machen, daß nicht das Fehlen bestimmter Ionen in der Nahrung, sondern daß das

allgemeine Ionendefizit ohne Rücksicht auf die Art der Ionen schuld an den beobachteten Störungen im Zellwachstum sei. Dieser Einwand wird aber durch den *Yamasaki*ischen Versuch widerlegt, weil ja *Yamasaki* die gleichen Störungen beobachtete, als er den Gewichtsfehlbetrag an Salz überhaupt, der durch die Fortnahme der Zellsalze aus seinem Salzgemisch entstand, durch Kochsalzzulage ausglich. Der *Yamasaki*sche Versuch ist also der Ergänzungsversuch zu meinem Versuche.

Im einzelnen war meine Versuchsanordnung weiterhin folgende. Ich hatte 9 Gruppen männlicher weißer Mäuse. Jede Gruppe bestand aus 7—10 Tieren. Alle Tiere bekamen dasselbe Grundfutter. Dieses hatte für 10 Tiere nachstehende Zusammensetzung:

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Reis . . . . .                  | 20 g |
| Casein . . . . .                | 6 g  |
| Frische Butter . . . . .        | 6 g  |
| Frischer Citronensaft . . . . . | 6 g  |
| Salzgemisch . . . . .           | 1 g  |

Der Reis wurde mit destilliertem Wasser gekocht; mit dem abgekühlten Reisbrei wurde das Casein, die Butter, der Citronensaft und Salzgemisch gut vermengt. Jede Gruppe, die in einem besonderen Käfig saß, erhielt vormittags diese Nahrungsmenge berechnet auf die Zahl der Tiere. Wenn alles aufgefressen war, bekamen die Tiere abends noch einmal eine größere Portion mit in destilliertem Wasser gekochtem Reis, wovon sie nach Belieben fressen konnten. Diese Reisportion war so bemessen, daß am anderen Morgen noch Reste vorhanden waren, die dann vor der Darreichung der Morgenportion entfernt wurden. Alle Tiergruppen wurden in der gleichen Art von Käfigen und in dem gleichen Zimmer gehalten.

Die Gruppen wurden nach der Nummer des Salzgemisches bezeichnet, das sie mit der Morgenration erhielten. Da alle Gruppen mit der Abendration eine beliebige Menge Reis und damit hauptsächlich Kohlenhydrat in großer Masse bekamen, spielten die kleinen Zuckermengen, die in verschiedener Menge im Rahmen des einen Gramms Salzgemisch bei den Gruppen II—IX gereicht wurden, für die Ernährung keine Rolle. Die Tiere wurden bei dieser Fütterung 21—29 Tage gehalten. Innerhalb der einzelnen Gruppen starben mitunter einige Tiere zu dieser Zeit von selbst. Die große Mehrzahl der Tiere habe ich aber durch Ätherinatmung getötet. Ein Unterschied in den anatomischen Hodenbildern in Abhängigkeit von den um einige Tage längeren oder kürzeren Lebenszeit bei der genannten Fütterung war nicht feststellbar. Die Hoden zeigten auch bei den spontan gestorbenen Tieren durchschnittlich keine schwereren Veränderungen, als die Hoden der Tiere derselben Gruppe, die getötet worden waren. Nur bei der Gruppe IV, nämlich den Ca-frei ernährten Tieren, waren die Hodenveränderungen bei den von selbst gestorbenen etwas stärker, als bei den getöteten.

Ferner waren in den Gruppen I—VI neben älteren Tieren, aus denen alle Gruppen bestanden, auch einige um wenige Wochen jüngere Tiere, die noch im stärkeren Wachstum begriffen waren. Ein Einfluß des Lebensalters im Rahmen der bei meinen Versuchen vorhandenen Altersunterschiede auf die Störungen, die die Hoden bei den einzelnen Gruppen zeigten, ließ sich nicht nachweisen. Im allgemeinen aber nahmen die jungen Tiere an Gewicht zu, die älteren Tiere blieben auf ihrem ursprünglichen Körpergewicht stehen, oder nahmen ab oder nahmen wie in der Gruppe IX zu; die Tiere der Gruppe I und der Gruppe V nahmen sämtlich, alte und junge, an Gewicht zu, wobei allerdings zu bemerken ist, daß auch hier die Gewichtszunahme der jüngeren Tiere größer war, als diejenige der älteren Tiere.

Der Verlauf der Körpergewichtskurve bei den Tieren der Gruppe I zeigt jedenfalls, daß die Nahrung für die Tiere genügte. Auffallend ist nur, daß die Tiere der Gruppe V, die kein K, P, Mg und Fe bekamen, sämtlich an Gewicht zunahmen, während in den Gruppen VI—VIII mit dem Fehlen von K oder P oder Mg bei den älteren Tieren Gewichtsabnahme zu verzeichnen war. Wie weit der Mangel einzelner Salze einen Einfluß auf das Körpergewicht hat, ist aus meinen Versuchen nicht klar ersichtlich. Ich kann nur sagen, daß bei Anwesenheit aller Salze (Gruppe I), ferner beim Fehlen von Fe und endlich beim Fehlen des Komplexes K-P-Mg-Fe keine eigentliche Beeinflussung des Körpergewichts eintrat, daß bei Fe-Mangel sogar die stärkste Körpergewichtszunahme verzeichnet wurde, und daß endlich im allgemeinen jüngere Tiere, die sich in stärkerem Wachstum befinden, weiterwachsen. Ob das Wachstum aber im normalen Umfange voranschreitet, kann ich nicht sagen; auch vermag ich nichts darüber mitzuteilen, wie sich das Körperwachstum bei noch längerer Beobachtungsdauer verhalten haben würde.

Ich wende mich nun zu der anatomischen Untersuchung der Hoden meiner Tiere der verschiedenen Gruppen.

Geachtet wurde bei der mikroskopischen Untersuchung vor allem auf folgende Punkte: Anfüllung der Kanälchen mit Spermatozoen, Zelldegenerationen, vor allem auf Kernvakuolen, auf das Auftreten von Riesenzellen und auf die Häufigkeit der Kernteilungsfiguren. Endlich habe ich auch die Lipoidablagerung innerhalb und außerhalb der Kanälchen verfolgt.

Man kann nun, wenn man nach diesen Gesichtspunkten unter ganz besonderer Berücksichtigung der degenerativen Veränderungen und der Häufigkeit der Kernteilungsfiguren die Präparate einer Gruppe durchmustert, ein ungefähres Bild über die Größe der Veränderungen bei einer jeden Gruppe gewinnen und die Gruppen in einer Reihe ordnen, bei der an der Spitze die Gruppe steht, die die stärksten Veränderungen zeigt, und an deren Ende die Gruppe mit den geringsten Veränderungen steht. Eine solche Reihe beansprucht natürlich nicht, daß sie mathematisch genau die tatsächlichen Verhältnisse wiedergibt. Denn schon der Beurteilung der durchschnittlichen Verhältnisse bei einer Gruppe haftet zu viel Subjektives an, da man sich schon bei der Beurteilung der Präparate des Einzeltieres bei jeder Gruppe auf allgemeine Angaben, wie „viel“, „wenig“, „reichlich“ usw. beschränken muß. Ich teile also die Gruppenzusammenstellung hier unter diesem ausdrücklichen Vorbehalt mit. Eine ungefähre Übersicht, glaube ich, wird aber damit doch gewonnen. Die Nummern 1, 2, 3 usw. bezeichnen die Einzeltiere jeder Gruppe.

*Gruppe I. (Es fehlten keine Salze.)*

| Spermatozoen                    | Zelldegenerationen        | Kernteilungsfiguren |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1. Nicht sehr reichlich         | —                         | wenig               |
| 2. Ziemlich reichlich           | —                         | ziemlich reichlich  |
| 3. Wenig                        | —                         | wenig               |
| 4. Z. T. reichlich, z. T. keine | —                         | wenig               |
| 5. Ziemlich wenig               | —                         | mäßig viel          |
| 6. Teilweise reichlich          | —                         | äußerst vereinzelt  |
| 7. Re却ich                       | —                         | wenig               |
| 8. Re却ich                       | Riesenzellen-Kernvakuolen | ziemlich reichlich  |

*Gruppe II. (Es fehlten: Ca + Na + Cl.)*

| Spermatozoen                    | Zelldegenerationen        | Kernteilungsfiguren |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 1. Z. T. reichlich, z. T. wenig | —                         | wenig               |
| 2. Mäßig viel                   | Kernvakuolen              | wenig               |
| 3. Reichlich                    | —                         | wenig               |
| 4. Reichlich                    | —                         | wenig               |
| 5. Reichlich                    | —                         | wenig               |
| 6. Reichlich                    | —                         | reichlich           |
| 7. Spärlich                     | Kernvakuolen-Riesenzellen | spärlich            |
| 8. Reichlich                    | —                         | wenig               |

*Gruppe III. (Es fehlten Na + Cl.)*

|              |                            |            |
|--------------|----------------------------|------------|
| 1. Viel      | —                          | wenig      |
| 2. Spärlich  | Riesenz. Pyknotische Kerne | wenig      |
| 3. Spärlich  | wenige Riesenzellen        | wenig      |
| 4. Reichlich | —                          | wenig      |
| 5. Zahlreich | —                          | spärlich   |
| 6. Reichlich | —                          | vereinzelt |
| 7. Reichlich | —                          | reichlich  |
| 8. Reichlich | —                          | reichlich  |

*Gruppe IV. (Es fehlte: Ca.)*

|                       |                       |            |
|-----------------------|-----------------------|------------|
| 1. Wenig, z. T. keine | Riesenz.-Kernvakuolen | sehr wenig |
| 2. Reichlich          | Kernvakuolen          | reichlich  |
| 3. Wenig              | Kernpyknosen          | wenig      |
| 4. Sehr wenig         | Kernvakuolen          | wenig      |
| 5. Sehr wenig         | —                     | sehr wenig |
| 6. Reichlich          | —                     | keine      |
| 7. Reichlich          | —                     | wenig      |
| 8. Reichlich          | —                     | spärlich   |

*Gruppe V. (Es fehlte: K + P + Mg + Fe.)*

|                                |                        |            |
|--------------------------------|------------------------|------------|
| 1. Spärlich                    | Riesenzellen, Vakuolen | wenig      |
| 2. Z. T. Trümmer, z. T. wenig. | Riesenz., Kernvakuolen | keine      |
| 3. Reichlich                   | —                      | sehr wenig |
| 4. Reichlich                   | —                      | mäßig viel |
| 5. Reichlich                   | —                      | reichlich  |
| 6. Reichlich                   | —                      | wenig      |
| 7. Mäßig                       | —                      | spärlich   |
| 8. Mäßig                       | —                      | spärlich   |
| 9. Mäßig                       | —                      | spärlich   |
| 10. Sehr wenig                 | —                      | wenig      |

*Gruppe VI. (Es fehlte: K.)*

|                       |                        |           |
|-----------------------|------------------------|-----------|
| 1. Reichlich          | —                      | wenig     |
| 2. Ziemlich reichlich | Riesenz., Kernvakuolen | wenig     |
| 3. Reichlich          | —                      | reichlich |
| 4. Ziemlich reichlich | —                      | wenig     |
| 5. Reichlich          | —                      | wenig     |
| 6. Ziemlich reichlich | —                      | wenig     |
| 7. Ziemlich ,         | —                      | reichlich |
| 8. Reichlich          | —                      | spärlich  |

*Gruppe VII. (Es fehlte P.)*

| Spermatozoen          | Zelldegenerationen     | Kernteilungsfiguren |
|-----------------------|------------------------|---------------------|
| 1. Spärlich           | Kernvakuolen           | spärlich            |
| 2. Reichlich          | Riesenz., Kernvakuolen | äußerst wenig       |
| 3. Wenig              | Riesenz., Kernvakuolen | wenig               |
| 4. Mäßig viel         | Riesenz., Kernvakuolen | wenig               |
| 5. Reichlich          | Kernvakuolen           | reichlich           |
| 6. Ziemlich reichlich | Riesenz., Kernvakuolen | reichlich           |
| 7. Reichlich          | —                      | reichlich           |

*Gruppe VIII. (Es fehlte: Mg.)*

|                     |                        |            |
|---------------------|------------------------|------------|
| 1. Sehr spärlich    | Kernvakuolen           | vereinzelt |
| 2. Äußerst spärlich | Kernvakuolen           | spärlich   |
| 3. Trümmer          | Riesenz., Vakuolen     | spärlich   |
| 4. Wenig            | Riesenz., Kernvakuolen | vereinzelt |
| 5. Wenig            | Riesenz., Kernvakuolen | vereinzelt |
| 6. Mäßig viel       | Riesenzellen           | reichlich  |
| 7. Mäßig viel       | Riesenzellen           | reichlich  |

*Gruppe IX. (Es fehlte: Fe.)*

|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 1. Reichlich | —                      | wenig      |
| 2. Reichlich | —                      | wenig      |
| 3. Reichlich | —                      | wenig      |
| 4. Wenig     | Riesenzellen, Vakuolen | mäßig viel |
| 5. Reichlich | —                      | mäßig viel |
| 6. Reichlich | —                      | mäßig viel |
| 7. Reichlich | —                      | mäßig viel |
| 8. Reichlich | —                      | mäßig viel |
| 9. Reichlich | —                      | mäßig viel |

Wenn man nun ermittelt, bei wieviel Tieren einer jeden Gruppe Riesenzellen in den Kanälchen, und Kernvakuolen in den Samenepithelien nachweisbar waren, dann erhält man folgende Tabelle.

*Tabelle I.*

| Gruppe                     | Gesamtzahl der Tiere | Zahl der Tiere mit Riesenzellen und Kernvakuolen | %-Satz der erkrankten Tiere |
|----------------------------|----------------------|--|-----------------------------|
| 8. (Mg-Mangel) . . . . .   | 7                    | 7  | 100%                        |
| 7. (P-Mangel) . . . . .    | 7                    | 6  | 86%                         |
| 4. (Ca-Mangel) . . . . .   | 8                    | 4  | 50%                         |
| 2. (NaCl + Ca-Mangel) . .  | 8                    | 2  | 25%                         |
| 3. (NaCl-Mangel) . . . . . | 8                    | 2  | 25%                         |
| 5. (K-P-Mg-Fe-Mangel) . .  | 10                   | 2  | 20%                         |
| 6. (K-Mangel) . . . . .    | 8                    | 1  | 13%                         |
| 1. (ohne Salzmangel) . . . | 8                    | 1  | 13%                         |
| 9. (Fe-Mangel) . . . . .   | 9                    | 1  | 11%                         |

Bei der Betrachtung dieser Tabelle, wie der ihr voraufgehenden Zusammenstellung fällt zunächst auf, daß sich auch unter den mit allen Salzen ernährten Kontrolltieren ein Tier befand, bei dem schwere Degenerationen vorhanden waren. Alle anderen Tiere dieser Gruppe aber boten völlig normale Bilder dar. Es ist das das Tier 8 der Gruppe I.

Es bestanden aber trotzdem bei ihm ziemlich reichliche Kernteilungsfiguren, bei schlechter Entwicklung der samenzellbildenden Zellen. Es geht aus diesem Befunde hervor, daß auch gelegentlich bei normal ernährten Tieren, ohne daß man in jedem Einzelfall den Grund dafür angeben kann, degenerative Veränderungen der beschriebenen Art aufzutreten vermögen. Es wird ja auch von mir nicht behauptet, daß nur Salzmangel solche degenerative Veränderungen erzeugen könne, sondern ich will nur den Nachweis führen, daß *auch* der Salzmangel zu diesen Veränderungen Anlaß geben kann. Bei der Gruppe IX (Fe-Mangel), die der Normalgruppe I so gut wie gleich kommt, findet sich 1 Tier mit den gleichen Veränderungen. Auch hier wird man nicht folgern dürfen, daß der Eisenmangel in der Nahrung etwas damit zu tun habe. Dasselbe gilt auch für die Gruppe VI (K-Mangel).

Dann aber folgt in größerem Abstande die Gruppe V, bei der eine größere Serie von Salzen, nämlich K, P, Mg und Fe, in der Nahrung fehlten.

Dicht bei dieser stehen in der Reihe und unter sich auf der gleichen Höhe die Gruppen III und II; sie repräsentieren die Wirkung des NaCl-Mangels (III) und des NaCl + Ca-Mangels (II).

Wieder folgt eine größere Spanne in der Reihe. Es folgt die Gruppe IV mit dem Ca-Mangel; ihr folgt in noch größerem Abstand die Gruppe VII mit dem P-Mangel, und ihr wieder nahe steht die Gruppe VIII mit dem Mg-Mangel. Hier waren alle Versuchstiere schwer geschädigt.

Wir können somit feststellen, daß alleiniger Kochsalzmangel nur wenig, alleiniger Kaliummangel wohl gar nicht die Hodenzellen schädigt. Man hat auch durchaus den Eindruck, daß das Fehlen gewisser Gruppen von Salzen in der Nahrung, wie z. B. das Fehlen von NaCl + Ca oder von Fe + K + P + Mg, ungefähr die gleichen Störungen macht, daß aber gerade das Fehlen ganz bestimmter einzelner Salze allein, nämlich des Calciums, Phosphates und vor allem des Magnesiums die bedeutendsten Veränderungen macht. Es geht also die Größe der anatomischen Veränderung keineswegs streng parallel der Zahl der fehlendem Ionen in der Nahrung.

Aus meinen Versuchen kann wohl soviel geschlossen werden, daß nicht nur das Fehlen von Zellsalzen, sondern auch dasjenige der zirkulierenden Salze gewisse degenerative Veränderungen in den Hoden verursacht, daß aber in erster Linie der alleinige Mangel von **Magnesium oder Phosphat oder Kalk** in der Nahrung hier schädlich wirkt, während die Entfernung anderer Einzelsalze oder selbst der Mangel ganzer Salzgruppen sich weniger schädlich erweist oder ganz einflußlos ist.

Man darf, wie gesagt, auf die oben aufgestellte Reihenfolge kein zu großes Gewicht legen und muß sich hüten, weitgehende Schlußfolgerungen daraus ziehen zu wollen. Aber sie deutet doch auch an, daß vor

allem durch das Zusammenwirken verschiedener Salze die normale Spermabildung gewährleistet wird. Da die verschiedenen Ionen bei ihrer Einwirkung auf die Zelle und auf den Umsatz der lebendigen Substanz auch gegenseitiger Beeinflussung zugänglich sind, ist gar nicht einmal gesagt, ob die Störungen, die man nach der Wegnahme eines Ions auftreten sieht, die unmittelbare Folge des Ausfalls der unmittelbaren Wirkung dieses Ions auf die lebendige Masse sind, es kann aber auch durch den Ausfall des einen Ions die biologische Wirksamkeit der anderen Ionen eben wegen der Beziehungen, die Ionen verschiedener Art unter sich bei ihrer Beeinflussung der lebendigen Substanz aufweisen, gestört werden, und dann ist natürlich die beobachtete Störung an der Zelleistung nur eine sekundäre Folge des Ausfalls des einen Ions. Es sind meine Versuche somit vielleicht zugleich auch ein Beispiel für das Zusammenarbeiten der verschiedenen Ionen beim Zustandekommen gewisser Zelleistungen. *Es ist vielleicht bis zu einem gewissen Grade einerlei, welches nur einigermaßen wichtige Glied man aus dem in sich geschlossenen Wirkungsringe der Ionen herausnimmt, immer entsteht dieselbe Störung, in derselben Richtung, dem Grade nach verschieden, aber im Grunde gleichartig.*

Ein Vergleich meiner Befunde bei der Gruppe I und V mit den entsprechenden Gruppen von *Yamasaki* I und II ergibt, daß *Yamasaki* unter seinen 6 Kontrolltieren keines mit pathologischen Hodenbildern fand, und daß bei seinen Tieren der Gruppe II, die außer K, P, Mg, Fe auch kein Ca in der Nahrung hatten, 50% pathologische Hodenbilder erkennen ließen. Bei meiner Gruppe 5, die Ca bekam, waren es nur 20%. Auch aus dieser Gegenüberstellung geht die Bedeutung des Ca für die Spermatogenese hervor. Bei meiner Gruppe IV mit alleinigem Ca-Mangel waren auch 50% der Tiere erkrankt.

### Versuchsprotokolle.

*Tabelle I. Zusammensetzung der Salzgemische.*

1. Salzgemisch, Gruppe I (wie oben angegeben alle Salze enthaltend).
2. Salzgemisch, Gruppe II (-Ca, -Na, -Cl).
 

|   |       |
|---|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . .               | 1,5   |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . . | 37,0  |
| Magn. citricum . . . . .                  | 8,0   |
| Ferrum citricum . . . . .                 | 2,0   |
| Sacch. alb. ad. . . . .                   | 100,0 |
3. Salzgemisch, Gruppe III (-Na, -Cl).
 

|   |       |
|---|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . .                               | 1,5   |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . . . . . | 10,0  |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . . . . .                 | 37,0  |
| Mag. citricum . . . . .                                   | 8,0   |
| Calcium citricum . . . . .                                | 8,0   |
| Ferrum citricum . . . . .                                 | 2,0   |
| Sacch. alb. ad. . . . .                                   | 100,0 |

## 4. Salzgemisch, Gruppe IV (-Ca).

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . .        | 1,5   |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . . . . . | 37,0  |
| NaCl. . . . .                      | 20,0  |
| Magn. citricum . . . . .           | 8,0   |
| Ferrum citricum . . . . .          | 2,0   |
| Natr. citricum . . . . .           | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .           | 100,0 |

## 5. Salzgemisch, Gruppe V (-K, -P, -Mg, -Fe).

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Jodi puri . . . . .        | 0,02  |
| NaCl. . . . .              | 20,0  |
| Calcium citricum . . . . . | 26,0  |
| Natr. citritum . . . . .   | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .   | 100,0 |

## 6. Salzgemisch, Gruppe VI (-K).

|  |       |
|--|-------|
| Jodi puri . . . . .                    | 0,02  |
| $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . . | 17,0  |
| NaCl. . . . .                          | 20,0  |
| Magn. citricum . . . . .               | 8,0   |
| Ferrum citricum . . . . .              | 2,0   |
| Natr. citricum . . . . .               | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .               | 100,0 |

## 7. Salzgemisch, Gruppe VII (-P).

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . . | 1,5   |
| NaCl. . . . .               | 20,0  |
| Magn. citricum . . . . .    | 8,0   |
| Calcium citricum . . . . .  | 26,0  |
| Ferrum citricum . . . . .   | 2,0   |
| KCl . . . . .               | 32,0  |
| Natr. citricum . . . . .    | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .    | 100,0 |

## 8. Salzgemisch, Gruppe VIII (-Mg).

|  |       |
|--|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . .            | 1,5   |
| $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . . | 10,0  |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . . . . .     | 37,0  |
| NaCl. . . . .                          | 20,0  |
| Calcium citricum . . . . .             | 8,0   |
| Ferrum citricum . . . . .              | 2,0   |
| Natr. citricum . . . . .               | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .               | 100,0 |

## 9. Salzgemisch, Gruppe IX (-Fe).

|  |       |
|--|-------|
| Jod-Jodkalilösung . . . . .            | 1,5   |
| $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . . | 10,0  |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . . . . .     | 37,0  |
| NaCl. . . . .                          | 20,0  |
| Magn. citricum . . . . .               | 8,0   |
| Calcium citricum . . . . .             | 8,0   |
| Natr. citricum . . . . .               | 15,0  |
| Sacch. alb. ad . . . . .               | 100,0 |

Tabelle II. Körpergewicht in Grammen.

(Durchschnittlich.)

(Die Zahlen in den Klammern geben die Tage nach Versuchsbeginn an.)

|                |              |          |           |           | Durchschn. | Gewichts-   |
|----------------|--------------|----------|-----------|-----------|------------|-------------|
|                |              |          |           |           | absol.     | veränder.   |
| Gr. I          | Ältere Tiere | 15,2 (1) | 14 (7)    | 17 (14)   | 17 (21)    | +1,8 +11,1% |
|                | Jüng. Tiere  | 16,3 (1) | 14 (12)   | 16,7 (19) | 18,3 (24)  | +2,0 +12,2% |
| Gr. II         | Ältere Tiere | 17,5 (1) | 17 (7)    | 17 (14)   | 16 (17)    | -1,5 - 8,6% |
| -(Ca+Na)       | Jüng. Tiere  | 15,6 (1) | 15,7 (12) | 16,4 (19) | 17 (24)    | +1,4 + 9,0% |
| Gr. III        | Ältere Tiere | 16,5 (1) | 15,5 (7)  | 13,2 (14) | 12,5 (21)  | -4,0 -24,2% |
| -(Na+Cl)       | Jüng. Tiere  | 16,5 (1) | 16,5 (12) | 18,5 (19) | 18,3 (24)  | +1,8 +10,9% |
| Gr. IV         | Ältere Tiere | 15 (1)   | 15,5 (7)  | 15,5 (14) | 14 (21)    | -1,0 -6,6%  |
| (-Ca)          | Jüng. Tiere  | 17 (1)   | 17,5 (12) | 20 (19)   | 20 (24)    | +3,0 +19,7% |
| Gr. V          | Ältere Tiere | 14 (1)   | 14,5 (7)  | 15 (14)   | 16 (21)    | +2,0 +14,2% |
| -(K+P+Mg+Fe)   | Jüng. Tiere  | 16,5 (1) | 16,5 (12) | 19,1 (19) | 19,7 (24)  | +3,2 +19,4% |
| Gr. VI         | Ältere Tiere | 12,5 (1) | 14 (7)    | 14 (14)   | 12 (21)    | -0,5 -4,0%  |
| (-K)           | Jüng. Tiere  | 18 (1)   | 18 (12)   | 19 (19)   | 20 (24)    | +2,0 +11,1% |
| Gr. VII (-P)   | Ältere Tiere | 13 (1)   | 12 (7)    | 12 (14)   | 11 (21)    | -2,0 -15,4% |
| Gr. VIII (-Mg) | Ältere Tiere | 12 (1)   | 13 (7)    | 12,5 (14) | 12 (21)    | 0 +0,0%     |
| Gr. IX (-Fe)   | Ältere Tiere | 7 (1)    | 15 (7)    | 14,5 (14) | 14,0 (21)  | +7 +100%    |

## Beschreibung der anatomischen Befunde an den Hoden.

Es wurden bei allen Tieren von beiden Hoden mikroskopische Präparate angefertigt. Jeder Hoden wurde in zwei Hälften geteilt. Die eine Hälfte wurde unter Anfertigung von Gefrierschnitten in Gelatine eingebettet, und dann wurde zur Untersuchung auf Fett Färbung mit Sudan-Hämalaun gemacht. Die andere Hälfte wurde in Paraffin eingebettet, und es wurden die Schnitte mit Hämalaun-Eosin gefärbt. In der folgenden Beschreibung geben die arabischen Zahlen innerhalb der Gruppen die Nummern der Tiere an, wie sie mit den gleichen Zahlen in der Tabelle I angeführt sind. Ein + vor der Zahl sagt, daß das Tier von selbst gestorben ist.

## Gruppe I.

1. Samenbildende Zellen gut entwickelt. *Nicht sehr reichliche Spermatozoen. Wenig Kernteilungsfiguren* in den Spermatogonien und Spermatocyten. Wenig Zwischengewebe und spärliche Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

+2. Samenbildende Zellen gut entwickelt. *Reichlich Kernteilungsfiguren* in den Spermatogonien und Spermatocyten. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen. *Spermatozoen ziemlich reichlich.*

3. Samenbildende Zellen gut entwickelt; *wenig Kernteilungsfiguren* in Spermatogonien und Spermatocyten; *wenig Spermatozoen.* Kaum Zwischengewebe; Lipoidablagerung in vereinzelten Kanälchenepithelien und Zwischenzellen.

4. In den meisten Kanälchen gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit verhältnismäßig *wenigen Kernteilungsfiguren; reichlich gesunde Spermatozoen.* In anderen Kanälchen schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels mit sehr spärlichen Kernteilungsfiguren. In diesen Kanälchen *z. T. keine Spermatozoen.* Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

5. Im allgemeinen gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *reichlichen Kernteilungsfiguren.* In den Kanälchen *ziemlich wenig Spermatozoen.* Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen, herdförmig in den Samenepithelien und Lipoidtröpfchen in einigen Kanälchen.

6. In den meisten Kanälchen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen, aber *äußerst vereinzelte Kernteilungsfiguren.* In den meisten Kanälchen reichlich

*gesunde Spermatozoen.* In einigen Kanälchen zusammengeklumpte und schwanzlose Spermatozoen. Hochgradige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen. Lipoidablagerung in einzelnen Sertolischen Zellen. Lipoidtröpfchen in einzelnen Kanälchen.

7. Mäßig gute Entwicklung des samenbildenden Epithels, aber ziemlich reichlich Kernteilungsfiguren. Reichlich Spermatozoen. — Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

8. Ziemlich reichlich Kernteilungsfiguren in den Spermatogonien, aber sehr schlechte Entwicklung der samenbildenden Zellen. Reichlich Spermatozoen. Epithel z. T. nur einreihig; z. T. nur Sertolische Zellen als Wandbelag. *Reichvakuolisierte Kerne* in Spermatocyten, *reichlich Riesenzellenbildung*. Ziemlich reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

#### Gruppe II.

1. In den meisten Kanälchen samenbildende Zellen gut entwickelt, aber *wenig Kernteilungsfiguren* und *ziemlich reichlich Spermatozoen*. In anderen Kanälchen, wo das Epithel nur sehr spärlich entwickelt ist, äußerst *wenig Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung; weniger in den Epithelien.

+2. In vereinzelten Kanälchen lediglich gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *wenig Kernteilungsfiguren* und *mäßig viel Spermatozoen*. In den meisten Kanälchen *schwere Degeneration* der samenbildenden Zellen in Form von *Kernpyknose* und *Vakuolisierung*. *Abstoßung* und *Zusammenballung* von *Samenepithelien* im Lumen. Epithel oft nur einreihig. Viele zusammengeklumpte schwanzlose Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

3. Im allgemeinen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit *wenig Kernteilungsfiguren*; *ziemlich reichlich gesunde Spermatozoen*. Mittelmäßige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

4. In den meisten Kanälchen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen; ganz vereinzelte Kernteilungsfiguren; *reichlich Spermatozoen*. In anderen Kanälchen Auflösung des Epithelverbandes. Reichlich Lipoidgehalt in den Zwischenzellen.

5. Gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *wenig Kernteilungsfiguren* und *reichlich Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen und Bindegewebszellen.

6. Gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *wenig Kernteilungsfiguren* und *reichlich Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen und Bindegewebszellen.

7. Schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels; mit *äußerst spärlichen Kernteilungsfiguren* und *spärlichen Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen; Lipoidablagerung in einigen Epithelien und Lipoidtröpfchen in einem Kanälchen. Vereinzelt Vakuolen in Kernen und Riesenzellen.

8. In einigen Kanälchen gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *mehr Kernteilungsfiguren als 7* und *reichlich Spermatozoen*. Sonst dasselbe Bild wie 7.

#### Gruppe III.

1. Gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit sehr *wenig Kernteilungsfiguren* in Spermatogonien und Spermatocyten. *Reichlich Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

2. In ganz vereinzelten Spermatogonien und Spermatocyten *Kernteilungsfiguren*. *Spärliche Spermatozoen* in vereinzelten Kanälchen. Im übrigen völliges Fehlen von Spermatozoen. Schwerste Degeneration der samenbildenden Zellen in Form von *Kernpyknose* und *Vakuolisierung der Kerne*. Auftreten zahlreicher

*Riesenzellen* in den Kanälchen und Vakuolisierung sämtlicher Kerne. Deutliches Hervortreten der Sertolischen Zellen. Spärliche Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

3. Ähnliches Bild wie oben, nur weniger Riesenzellen und mehr erhaltene Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

4. Gute Entwicklung der samenbildenden Zellen und *wenig Kernteilungsfiguren* in den Spermatogonien — *reichlich Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen und Bindegewebsszellen.

5. Im allgemeinen ganz gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *äußerst spärlichen Kernteilungsfiguren*; *ziemlich zahlreiche gesunde Spermatozoen*. In einigen Kanälchen zusammengeklumpte schwanzlose Spermatozoen.

6. Ziemlich normales Bild, aber *ganz vereinzelte Kernteilungsfiguren*. Reichlich Spermatozoen. Ziemlich reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

7. Völlig normales Bild mit reichlich Kernteilungsfiguren und reichlich Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

8. Ziemlich gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit ziemlich reichlichen Kernteilungsfiguren; reichlich gesunde Spermatozoen. Hochgradige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

#### Gruppe IV.

1. In einem Teil der Kanälchen gut entwickelte samenbildende Zellen mit Kernteilungsfiguren. In der Mehrzahl der Kanälchen *Vakuolisierung der Kerne des Epithels*. In diesen Kanälchen *keine Spermatozoen*. Ziemlich viel *Riesenzellen* mit *Kernvakuolen*. Herdförmige Lipoidablagerung in den Epitheliens. Spärlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen. Lipoidtröpfchen in einem Kanälchen.

+2. Ziemlich reichlich Kernteilungsfiguren — ziemlich viel Spermatozoen. Reichlich Kernvakuolen in den Samenepitheliens. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

3. Nur in vereinzelten Kanälchen gute Entwicklung des samenbildenden Epithels mit wenigen Kernteilungsfiguren. In der Mehrzahl der Kanälchen schlechte Entwicklung der samenbildenden Zellen mit *wenigen Kernteilungsfiguren* in Spermatogonien und Spermatozoen. Wenig Spermatozoen in diesen Kanälchen. In der Mehrzahl der Kanälchen schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *Kernpyknose*; teilweise Epithel nur einschichtig. *Keine Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen und Bindegewebsszellen.

4. In einigen Kanälchen fast völliges Fehlen oder schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels; Kernpyknose und Vakuolen; *keine Spermatozoen*. Die Kanälchen sind z. T. nur noch ausgekleidet von Sertolischen Zellen. In anderen Kanälchen gut entwickelte samenbildende Zellen mit Kernteilungsfiguren und reichlich Spermatozoen. Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

5. Nekrose der meisten Kanälchen; nur noch in vereinzelten Kanälchen samenbildendes Epithel vorhanden mit *äußerst spärlichen Kernteilungsfiguren*; *äußerst wenig Spermatozoen* in diesen Kanälchen. Reichlich Lipoidablagerung in den vorhandenen Zwischenzellen.

6. In einigen Kanälchen ziemlich gute Entwicklung der samenbildenden Zellen; *reichlich Spermatozoen* aber *keine Kernteilungsfiguren*. In den meisten Kanälchen Epithel schmal — Kern schlecht färbbar; keine Spermatozoen; in einigen von diesen Kanälchen Lipoidtröpfchen. Sehr reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenräumen.

7. Ziemlich normales Bild mit reichlich Spermatozoen, aber *wenig Kernteilungsfiguren* in Spermatogonien und Spermatocyten. Ziemlich reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen. In einigen Kanälchen *keine Spermatozoen*.

8. Im allgemeinen gute Entwicklung des samenbildenden Epithels; äußerst wenig Kernteilungsfiguren. Ziemlich reichlich Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

*Gruppe V.*

1. Schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels mit *Kernvakuolen*; nur in wenigen Kanälchen *spärliche Spermatozoen*; in diesen Kanälchen *wenig deutliche Kernteilungsfiguren*. Auftreten von *Riesenzellen* in den Kanälchen mit Vakuolisierung der Kerne. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen und Bindegewebszellen.

+2. In den meisten Kanälchen nur noch *Haufen von zusammengeballten samenbildenden Zellen mit Kernvakuolen und Trümmer von Spermatozoen*. In vereinzelten Kanälchen noch mehrschichtiges Epithel mit *ziemlich reichlichen Kernteilungsfiguren und geringer Menge von Spermatozoen*. Geringe Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

3. Gut entwickeltes samenbildendes Epithel mit *äußerst wenig Kernteilungsfiguren*. Reichlich *normale Spermatozoen*. Reichlicher Lipoidgehalt in den Zwischenzellen.

4. Gut entwickeltes samenbildendes Epithel, *mäßig viel Kernteilungsfiguren*. Ziemlich reichlich Spermatozoen. In einigen Kanälchen z. T. nur einschichtiges Epithel; *dort keine Kernteilungsfiguren, keine Spermatozoen*. Ziemlich reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

5. Im allgemeinen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit *ziemlich reichlich Kernteilungsfiguren und reichlich Spermatozoen*. In einigen Kanälchen keine Spermatozoen oder nur schwanzlose oder zusammengeklumpte. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

6. Gute Entwicklung des samenbildenden Epithels, aber *wenig Kernteilungsfiguren; ziemlich reichlich Spermatozoen*. Ziemlich reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

7, 8, 9. Mittelmäßige Entwicklung der samenbildenden Zellen und *spärliche Kernteilungsfiguren; mäßig viel Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

10. Schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels; *wenig Kernteilungsfiguren*. In vielen Kanälchen z. T. *sehr wenig oder keine Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

*Gruppe VI.*

1. Gut entwickelte samenbildende Zellen mit *wenig Kernteilungsfiguren* in den Spermatogonien und Spermatocyten. Reichlich Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

+2. In einigen Kanälchen noch *mäßig gut entwickelte samenbildende Zellen mit wenig Kernteilungsfiguren*. Ziemlich reichlich Spermatozoen. Epithelien der übrigen Kanälchen z. T. einschichtig mit *Kernvakuolen*; z. T. *keine Spermatozoen*. In einigen Kanälchen *Riesenzellen mit Kernvakuolen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

+3. Gut entwickelte samenbildende Zellen mit *reichlich Kernteilungsfiguren* in den Spermatozoen und Spermatocyten. Reichlich *normale Spermatozoen*. Mittelmäßige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

4. Mittelmäßige Entwicklung der samenbildenden Zellen mit *wenig Kernteilungsfiguren; ziemlich reichlich Spermatozoen*. Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

5. Mittelmäßige Entwicklung der samenbildenden Zellen mit *wenig Kernteilungsfiguren; ziemlich reichlich Spermatozoen*. Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

6. Dasselbe Bild wie VI 4.; außerdem Lipoidtröpfchen in einigen Kanälchen.
7. Leidlich gute Entwicklung der samenbildenden Zellen, aber *ziemlich wenig Kernteilungsfiguren*. *Ziemlich reichlich gesunde Spermatozoen*; reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
8. Ziemlich normales Bild; *vereinzelte Kernteilungsfiguren*; bis auf wenige Kanälchen *reichlich Spermatozoen*. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

*Gruppe VII.*

1. Schlechte Entwicklung der samenbildenden Zellen. *Spärliche Kernteilungsfiguren*. Zahlreiche samenbildende Zellen mit *Kernvakuolen*. *Reichlich Lipoidablagerung in den Kanälchen* und den Epithelien. *Spermatozoen nur in vereinzelten Kanälchen*. Ganz spärlich Zwischengewebe. Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
2. Samenbildendes Epithel fast überall mehrschichtig, aber *äußerst wenig Kernteilungsfiguren* in den meisten Kanälchenepithelien. Vakuolisierte Kerne in Spermatogonien und Spermacyten. Mittelmäßige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen. Auftreten von *Riesenzellen* in vereinzelten Kanälchen mit vakuolisierten Kernen.
3. Schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels, das z. T. einschichtig ist. Wenig Kernteilungsfiguren; Sertoli-Zellen treten deutlich hervor. In vielen Kanälchen äußerst wenig Spermatozoen, in anderen Kanälchen mehr Riesenzellen mit *Kernvakuolen*. Reichlich Lipoidtröpfchen in den Kanälchen. Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
4. Dasselbe histologische Bild, aber mehr Riesenzellen und mehr Spermatozoen. Keine Lipoidtröpfchen in den Kanälchen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
5. Z. T. gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit reichlich Kernteilungsfiguren und reichlich gesunden Spermatozoen; in anderen Kanälchen vakuolisierte Kerne der samenbildenden Zellen.
6. Nur in vereinzelten Kanälchen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit reichlich Kernteilungsfiguren in Spermatogonien und Spermacyten und ziemlich reichlich Spermatozoen. In den meisten Kanälchen samenbildende Zellen mit *Kernvakuolen* und Riesenzellenbildung. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
7. Im allgemeinen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit ziemlich reichlich Kernteilungsfiguren. Reichlich Spermatozoen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen; spärlich in den Epithelien.

*Gruppe VIII.*

1. Samenbildende Zellen sehr schlecht entwickelt. Nur vereinzelte Kernteilungsfiguren in Spermacyten. Äußerst zahlreich vakuolisierte Kerne in den samenbildenden Zellen. Sehr spärlich Spermatozoen. Mittlere Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.
2. Samenbildende Zellen zum größten Teil nur einschichtig; spärliche Kernteilungsfiguren. Fast gar keine Spermatozoen. Kernvakuolen in den samenbildenden Zellen. Reichlich Lipoidablagerung in den Kanälchen.
3. Samenbildendes Epithel sehr spärlich entwickelt; nur ganz vereinzelte Kernteilungsfiguren. Z. T. Riesenzellenbildung in vielen Kanälchen. Kernvakuolen der samenbildenden Zellen. In manchen Kanälchen Trümmer von Spermatozoen, wenig gesunde Spermatozoen.
4. Ganz vereinzelt Kernteilungsfiguren; schlechte Entwicklung des samenbildenden Epithels. Wenig Spermatozoen. Einige Riesenzellen in einem Kanäl-

chen. Hier und da Kernvakuolen in den samenbildenden Zellen. Lipoideindröpfchen in den Kanälchen. Spärlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

5. Dasselbe Bild.

6. Samenbildende Zellen besser entwickelt als bei 5. mit ziemlich reichlichen Kernteilungsfiguren und mehr Spermatozoen. In einigen Kanälchen Riesen-zellenbildung; in diesen Kanälchen nur einzelne Spermatozoen und schlechte Ent-wicklung des Epithels. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

7. Wenig Kernteilungsfiguren sonst ziemlich wie 6.

#### Gruppe IX.

1. Mittelmäßige Entwicklung der samenbildenden Zellen, aber wenig Kernteilungsfiguren; in den Kanälchen reichlich Spermatozoen. Teilweise reichlich Fetttröpfchen in den Kanälchen. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischen-zellen.

2. Dasselbe Bild wie 1.

3. Dasselbe Bild wie 1.

4. Nur in wenigen Kanälchen mäßige Entwicklung des samenbildenden Epithels mit spärlichen Kernteilungsfiguren; wenig Spermatozoen. In anderen Kanälchen Epithel nur einschichtig; z. T. nur noch Sertoli-Zellen als Wandbe-kleidung. Dort keine Spermatozoen. Z. T. reichlich Lipoidablagerung in den Kanälchen. Reichlich Lipoidablagerungen den Zwischenzellen. *Vereinzelte Riesen-zellen* in den Kanälchen und vakuolisierte Kerne in den Spermatocyten.

5. Im allgemeinen gute Entwicklung der samenbildenden Zellen mit mäßig viel Kernteilungsfiguren; reichlich Spermatozoen, in einigen Kanälchen Epithel z. T. nur einschichtig; wenig Spermatozoen. Mittelmäßige Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

6. Dasselbe Bild. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

7. Dasselbe Bild. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

8. Dasselbe Bild. Reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

9. Dasselbe Bild. Äußerst reichlich Lipoidablagerung in den Zwischenzellen.

#### Literaturverzeichnis.

<sup>1)</sup> *Yamasaki*, Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Vitamin- oder Zellsalzmangels auf die Entwicklung von Spermatozoen und Eiern. *Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol.* **245**. 1923. — <sup>2)</sup> *Mori* und *Shinosuke*, The patho-logical anatomy of ophthalmia produced by diets containing fat-soluble A, but unfavorable contents of certain anorganic elements. *Americ. journ. of hyg.* **3**, Nr. 2, S. 98—10. 1923. — <sup>3)</sup> *Cit.* und *Abderhalden*, *Physiol. Chemie* **2**.