

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 1894/1973*

**Befruchtung des Säugetiereies  
Oryctolagus cuniculus (Leporidae)**

GÖTTINGEN 1973

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

---

Film E 1894

## Befruchtung des Säugetiereies *Oryctolagus cuniculus* (Leporidae)

J. HAHN, GERTRUD GABLER, Hannover

Begleitveröffentlichung von J. HAHN, Hannover

### Filmbeschreibung<sup>1</sup>

Nach der Ovulation sind die Eizellen zunächst von einer dichten Schicht Kumuluszellen umgeben. Die der Zona pellucida außen unmittelbar anliegende Zellschicht wird als Corona radiata bezeichnet. Unter der Zona pellucida befindet sich der hypolemmale Raum, der das Ooplasma der Eizelle umgibt.

### *Spermien im hypolemmalen Raum*

1 B/s bis 24 B/s

Für die Durchdringung der Eihüllen sind kapazitierte Samenzellen erforderlich. Unter Kapazitäten versteht man einen nicht näher bekannten Prozeß — vermutlich an den Köpfen der Samenzellen — der zur Einleitung der Akrosomreaktion notwendig ist. Bei der Akrosomreaktion werden aus dem Akrosom Enzyme freigesetzt, die den Samenzellen den Weg durch die Eihüllen bahnen helfen.

Samenzellen haben nacheinander die Kumulusmasse, die Corona radiata und die Zona pellucida der Eizelle zu durchdringen. Für die Durchdringung der Kumulusmasse ist akrosomale Hyaluronidase erforderlich. Hyaluronidase löst die Kittsubstanz der Kumuluszellen durch Depolymerisation und Hydrolyse. Da Hyaluronidase als erstes Enzym in Aktion tritt, nimmt man an, daß der breitere apikale Teil des Akrosoms vorwiegend die mukolytische Hyaluronidase enthält, während das

---

<sup>1</sup> Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 6 u. 7. Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

proteolytische Enzym für die Durchdringung der Zona pellucida mehr im dünneren lateralen Teil des Akrosoms bzw. an der Oberfläche der inneren Akrosommembran lokalisiert ist. Neuerdings wird vermutet, daß ein weiteres akrosomales Enzym (Corona penetrating enzyme) für die Durchdringung der Corona radiata notwendig ist. Erste Versuchsergebnisse sprechen dafür, daß dieses Enzym die interzelluläre Substanz der Koronazellen angreift und sich die Spermatozoen zwischen den Koronazellen hindurchbewegen. Die radiäre Anordnung der Koronazellen hat möglicherweise eine richtungweisende Funktion für die Samenzellen. Der genaue Mechanismus des, für die Durchdringung der Zona pellucida notwendigen Enzyms, ist noch nicht bekannt. Es hat trypsinähnlichen Charakter und wird als Zona Lysin bezeichnet. Wenn die Samenzellen die Zona pellucida passiert haben, hinterlassen sie einen feinen Kanal, der als Beweis für die lytische Fermentwirkung gilt.

Bei der Durchdringung der Eihüllen sind Samenzellen schwer erkennbar. Nur in wenigen Fällen sieht man die Bewegung einzelner Samenzellen zwischen den Zellen der Corona radiata. Erst nach Durchdringung der Zona pellucida sind beim Kaninchen im hypolemmalen Raum Samenzellen in lebhafter Bewegung sichtbar. Kurz darauf heftet sich der Kopf einer Samenzelle an die Oberfläche des Ooplasmas an. Durch anhaltende Aktion des Schwanzes der Samenzelle wird dieser Vorgang wahrscheinlich unterstützt. Feine Plasmaausläufer des Ooplasmas (Mikrovilli) fusionieren zunächst mit der Plasmamembran der postakrosomalen Region des Kopfes. Die Inkorporation der Samenzelle in das Ooplasma beginnt mit dem kaudalen Teil des Kopfes. Dabei lösen sich die verbliebenen perinuklealen Membranen ab. Sie enthalten möglicherweise ein enzymatisches Material, das die Aktivierung des Ooplasmas bedingt. Von der Anheftung bis zur völligen Inkorporation des Kopfes der Samenzelle vergeht etwa eine halbe Stunde. Mittelstück und Schwanz folgen zumindestens bei Nagetieren später nach. Der Kern der Samenzelle schwillt im Ooplasma etwas an und wird dann in kürzester Zeit unsichtbar. Die Disintegration des Kernes wird wahrscheinlich durch ein nukleolytisches Ferment im Zusammenhang mit der Aktivierung der Eizelle bedingt.

Um das Eindringen mehrerer Samenzellen in das Ooplasma zu verhüten, reagiert die Säugetier-Eizelle mit dem sog. Block des Vitellus. Man nimmt an, daß diese Reaktion durch die corticalen Granula ausgelöst wird, die unmittelbar unter der vitellinen Membran liegen. Beim Eintritt einer Samenzelle in das Ooplasma geben sie ihren Inhalt an die Oberfläche des Ooplasmas ab und zerfallen anschließend. Die bei Säugetiereiern verschiedener Spezies vorhandene Zona-Reaktion, ein Mechanismus, der die Durchdringung der Zona pellucida durch überzählige Samenzellen verhindert, wird ebenfalls auf die Wirkung corticaler Granula zurückgeführt.

Zona-Reaktion und Block des Vitellus können durch bestimmte Einflüsse verzögert oder aufgehoben werden, z.B. bei Überalterung des Eies. Wenn zusätzlich Spermien in das Ooplasma eindringen, spricht man von Polyspermie, und es kommt zur Ausbildung mehrerer Vorkerne. Drei Vorkerne können auch entstehen, wenn der 2. Polkörper nicht abgeschnürt wird. Bei Verschmelzung von drei Vorkernen entsteht ein triploider Embryo. Polyploide Embryonen sterben meistens schon vor der Implantation ab.

### *Befruchtung, Schrumpfen des Ooplasma*

#### *Abschnürung des zweiten Polkörpers*

*1 B/min bis 1 B/s*

Ist ein Spermium in das Ooplasma eingedrungen, setzen am Ei Aktivierungsvorgänge ein, die unter normalen Bedingungen als Zeichen einer stattfindenden Befruchtung gewertet werden können. Dieser Prozeß wird durch das Auseinanderfallen der gelockerten Kumuluszellen und der Ablösung der Corona radiata von der Zona pellucida eingeleitet. Gleichzeitig zieht sich das Ooplasma zusammen, und der hypolemmale Raum vergrößert sich. Der Volumenverlust des Ooplasmas kann dabei 2—25% betragen. Der Kern der Eizelle befindet sich in der Regel von der Geburt des Tieres an in der Prophase I der Meiose. Bei der Follikelreifung wird die Reduktionsteilung bis zu Telophase I fortgesetzt, die an der Abschnürung des 1. Polkörpers zu erkennen ist. Zur Zeit der Ovulation hat der Kern der Eizelle schließlich die für die Einleitung einer Befruchtung erforderliche Metaphase II der Meiose erreicht. Als eine Folge der Eiaktivierung durch ein eingedrungenes Spermium ist die Beendigung der Reduktionsteilung anzusehen. Diese Phase ist äußerlich daran zu erkennen, daß sich der 2. Polkörper abschnürt. Damit ist ein haploider Chromosomensatz in der Eizelle entstanden.

Die Aktivierungsvorgänge an der Eizelle sind nicht unbedingt spezifisch für eine stattfindende Befruchtung. Sie können auch durch unspezifische Reize ausgelöst werden.

### *Auftauchen und Verschmelzen der Vorkerne*

#### *Erste Teilungsschritte*

*1 B/min bis 1 B/s*

Mehrere Stunden nach der Abschnürung des 2. Polkörpers werden zum 1. Mal Zellkernelemente im Ooplasma sichtbar. Jetzt tauchen der größere männliche und der kleinere weibliche Vorkern zunächst im Zentrum des Eies auf. Dieser Vorgang ist bei der überwiegenden Zahl der Eier wegen

der dichten Struktur des Ooplasmas nicht zu erkennen. Beide Vorkerne legen sich schließlich aneinander und verschmelzen. Anschließend löst sich die Kernmembran auf, und der Kern wird unsichtbar.

Mit der Vorkernverschmelzung hat der Befruchtungsvorgang seinen Höhepunkt erreicht. Etwa eine Stunde danach wird die erste Furchungsteilung sichtbar und in den beiden Furchungskugeln (Blastomeren) treten die Zellkerne wieder hervor. Damit ist der Abschluß der Befruchtung äußerlich erkennbar, und das Wachstum des Keimlings beginnt. Die befruchtete Eizelle teilt sich beim Kaninchen etwa 14 Stunden nach der Ovulation zum 1. Mal. Vier Stunden nach der ersten Teilung erreicht die Eizelle das 4-Zellstadium. Häufig beobachtet man dabei eine Anordnung der Blastomeren über Kreuz. Die Furchungsteilungen sind nicht immer synchron; daher gibt es auch 3-, 5- und 7-Blastomerenstadien. Die Größe der Furchungskugeln kann ebenfalls variieren.

---

### Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1973 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 46 m, 4½ min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1970 und 1971. Veröffentlichung aus der Klinik für Geburtshilfe und Gynäkologie des Rindes, Tierärztliche Hochschule Hannover, Prof. Dr. J. HAHN, Dr. GERTRUD GABLER, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. K.-H. HÖFLING; Aufnahme und Schnitt: C. LUDWIG.

### Inhalt des Films

Nach der Ovulation sind die meisten Säugetiereizellen zunächst von Follikelzellen des Cumulus oophorus umgeben, so daß die Samenzellen bei der Durchdringung der Eihüllen nur schwer erkennbar sind. Erst nach Ablösung der Follikelzellen von der Zona pellucida wird das Innere der Eizelle sichtbar, und Samenzellen können im hypolemmalen Raum beobachtet werden.

Unter normalen Bedingungen gelangt nur eine Samenzelle in das Ooplasma. Unmittelbar nach ihrem Eintritt zeigt die Eizelle deutliche Aktivierungserscheinungen. Besonders auffällig sind dabei die Schrumpfung des Ooplasmas, die Ablösungsbewegung der Kumuluszellen und die Abschnürung des 2. Polkörpers als äußeres Zeichen der beendeten Reduktionsteilung in der Eizelle. Anschließend treten männlicher und weiblicher Vorkern hervor, verschmelzen miteinander und werden unsichtbar. Darauf wird die Prophase der 1. mitotischen Teilung eingeleitet und die erste Furchungsteilung wird etwa 24 Stunden nach der Paarung erkennbar. 4 Stunden nach der ersten Teilung erreicht die Eizelle das 4-Zellstadium. Nach weiteren 6—12 Stunden entwickelt sich das 8-16-Zellstadium.

### Summary of the Film

After ovulation most mammalian ova are surrounded first by follicle cells of the Cumulus oophorus so that the spermatozoon can only be recognized with difficulty while penetrating the fetal membrane. Only after the follicle cells have separated from the zona pellucida does the interior of the ovum become visible and spermatozoon can be observed in the perivitelline space.

Under normal conditions only one spermatozoon reaches the ooplasm. Immediately after its entry the ovum shows clear activation phenomena. Especially noticeable are the shrinking of the ooplasm, the separating movement of the cumulus cells and the extrusion of the 2nd polar body as an external sign of the finished reduction division in the ovum. Then male and female pronuclei appear, merge with each other and become invisible. This introduces the prophase of the 1st mitotic division and the first segmentation division can be recognized approximately 24 hours after copulation. 4 hours after the first division the ovum reaches the 4-cell stage. After a further 6—12 hours the 8-16-cell stage develops.

### Résumé du Film

Après l'ovulation, la plupart des ovules des mammifères sont tout d'abord entourés de cellules folliculeuses du cumulus oophorus (disque prolifère), si bien que les spermés ne peuvent être que difficilement décelés lorsqu'ils traversent la membrane des œufs. Ce n'est qu'une fois que les cellules folliculeuses se sont détachées de la zona pellucida que l'intérieur de l'œuf devient visible et que les spermés peuvent être observés dans la zone hypolemmale.

Dans des conditions normales, seul un sperme réussit à pénétrer dans l'ooplasm. Dès que le sperme est entré, l'ovule présente des symptômes d'activationnets. Ce qui est surtout remarquable, c'est le rétrécissement de l'ooplasm, le mouvement de détachement des cellules du disque prolifère et la ligaturation du 2<sup>e</sup> globule polaire, signe extérieur que la meiose est achevée dans l'ovule. Les pronucléaux mâle et femelle s'avancent ensuite pour fusionner et devenir invisibles. La prophase de la 1<sup>re</sup> division mitotique se met alors en route et on peut reconnaître la première division par segmentation environ 24 heures après l'accouplement. 4 heures après la première division, l'ovule atteint le stade à 4 cellules. Le stade à 8-16 cellules est atteint au bout de 6—12 nouvelles heures.