

# Ueber summirte Zuckungen und unvollkommenen Tetanus.

Von

v. Kries.

---

Die Frage, welche Frequenz der Reize erforderlich sei, um einen Muskel in einen vollkommenen Tetanus zu versetzen, wird gegenwärtig meist dahin beantwortet, dass ein solcher dann hervorgebracht werde, wenn das Intervall zweier Reize kleiner sei als der Zeitraum, der bei der Einzelzuckung zwischen dem Beginn und dem Maximum der Contraction liegt. Die wesentliche Voraussetzung, welche dieser Anschauung zu Grunde liegt, knüpft sich unmittelbar an die fundamentalen Regeln, welche HELMHOLTZ für die Summation der Zuckungen aufgestellt hat; dabei hat man sich aber, wie es scheint, gewöhnt, diese in einer Ausdehnung als gültig zu betrachten, welche bei ihrer Aufstellung wohl kaum intendirt wurde.

„Von da an,“ sagt HELMHOLTZ <sup>1)</sup>, „wo die zweite Reizung wirksam wird, verläuft die Zuckung nahehin so, als wäre der in diesem Augenblicke stattfindende Contractionszustand des Muskels sein natürlicher Zustand und die zweite Zuckung allein eingeleitet worden.“

Stellt man sich nun vor, dass viele Reize aufeinander folgen, so wird die gleiche Regel allerdings insofern unanwendbar, als ja natürlich sehr bald ein nicht mehr überschreitbares Maximum des Contractionszustandes eintreten muss. Dagegen kann angenommen werden (und dies ist die gewöhnliche Annahme), dass auch jetzt jeder einzelne Reiz ein annähernd gleich langes Stadium zunehmender Zusammenziehung bewirke; dieses wird, wenn die Contraction ihren

---

<sup>1)</sup> HELMHOLTZ, Monatsber. der Berliner Akademie 1855.  
Berichte II. Heft 2.

höchsten Werth erreicht hat, nur noch ein Gleichbleiben derselben sein; es wird aber, wenn die Reize in der oben bezeichneten Frequenz aufeinanderfolgen, eine Verlängerung des Muskels gar nie stattfinden können und somit in der That ein vollkommener Tetanus resultiren müssen. Wir hätten uns den vollkommenen Tetanus so vorzustellen, dass der Muskel sich beständig im Stadium zunehmender Energie befände, in welchem nur durch die der Contraction gesetzte Grenze das Ansteigen in ein Gleichbleiben verwandelt worden ist <sup>1)</sup>).

Die Erfahrung ergibt nun sehr deutlich, dass, wenn man in der angegebenen Weise aus dem Verlauf der Einzelzuckungen die zur Gewinnung eines vollkommenen Tetanus erforderliche Reizfrequenz ableitet, man zu irrigen Vorstellungen geführt wird. Um diese Erscheinung, auf welche ich mehrfach gelegentlich aufmerksam geworden war, genauer zu studiren, verfuhr ich so, dass ich auf einen Muskel eine Anzahl schnell folgender Reize wirken liess, und zwar in einem solchen Intervall, dass noch kein vollkommener Tetanus resultirte, vielmehr noch deutliche Oscillationen in den gezeichneten Curven bemerkbar waren. Die zeitlichen Verhältnisse dieses unvollkommenen Tetanus waren dann mit denen der Einzelzuckung zu vergleichen. Als Präparate wurden uncurarisirte Froschmuskeln benutzt, welche theils direct, theils vom Nerven aus gereizt wurden, was für die Resultate ohne Belang ist. Die myographische Einrichtung war derart, dass der Muskel isotonische Bewegungen ausführte. Aufgeschrieben wurden dieselben (in dreifacher Vergrösserung) auf die Platte eines Pendelmyographions. Dieses war mit zwei Contacts ausgerüstet, welche bei dem Schwunge des Pendels successive, in beliebig zu variirendem Intervalle, unterbrochen wurden.

Behufs der Beobachtung des unvollkommenen Tetanus wurde folgendermassen verfahren. Eine Stimmgabel oder Stahlplatte von passender Schwingungszahl (30 bis 40 pro Sekunde) besorgte die Schliessung und Oeffnung des primären Stroms des Inductionsapparates; der secundäre Kreis war durch den Muskel (oder seinen Nerven) geleitet, eine Nebenschliessung durch den ersten Contact des Pendelmyographions, so dass erst nach der Unterbrechung desselben die Reize auf das Präparat einwirkten. Um den Muskel so

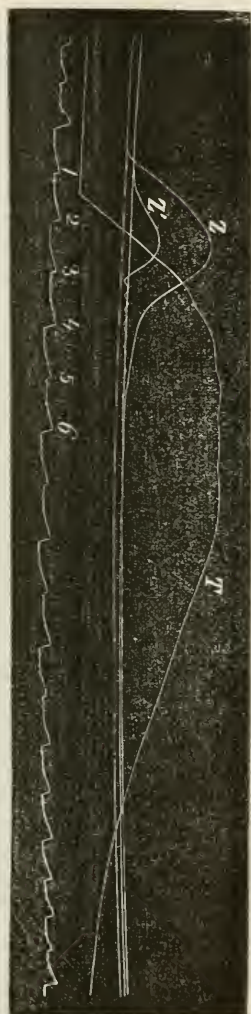
---

<sup>1)</sup> Vgl. die Darstellung der HELMHOLTZ'schen Regel bei HERMANN, Handbuch der Physiologie, Bd. I. S. 40; ferner die Theorie des Tetanus, wie sie KRONECKER und STIRLING entwickeln. Genesis des Tetanus. Archiv f. Physiologie 1878. S. 3.

wenig als irgend möglich zu ermüden, liess ich nur eine so kleine Zahl von Reizen auf ihn einwirken, als hinreichte, um ein nicht mehr ansteigendes Stück der Tetanuslinie zu erhalten. Es wurde zu diesem Zweck in den Inductionskreis der zweite Contact des Pendelmyographions eingeschaltet, so dass nach der Unterbrechung desselben wiederum die Reize den Muskel nicht trafen. Die Fig. 1 zeigt einen auf diese Weise erhaltenen unvollkommenen Tetanus (T). Die Unterbrechungen des primären Stroms sind durch den PFEIL'schen Chronographen unter der Muskelcurve aufgeschrieben. Die Curven sind von links nach rechts zu lesen; die absteigenden Linien in der Chronographenzeichnung geben die Stromunterbrechungen, welchen die (allein wirksamen) Oeffnungsschläge entsprechen. Diejenigen, welche zur Einwirkung auf den Muskel gelangt sind, sind mit Zahlen (1—6) bezeichnet. Zum Vergleich ist eine einfache Zuckung (Z) und eine Ueberlastungszuckung (Z') desselben Muskels daneben gezeichnet. In der einfachen Zuckung dauert das Stadium der aufsteigenden Energie 0,059 Sekunden; das Intervall zweier Reize beträgt 0,026, also weniger als halb so viel. Gleichwohl zeichnet der Muskel deutliche Oscillationen. In jeder Welle aber dauert das Stadium des Anstiegs nur 0,013 Sekunden. Dies ist genau die Hälfte des Reizintervalls, entsprechend dem Umstande, dass in jeder Oscillation aufsteigender und absteigender Theil gleiche Zeit in Anspruch nehmen. Im unvollkommenen Tetanus dauern also hier die Stadien des Aufstiegs kaum ein Viertel so lang, wie in der einzelnen Zuckung.

Das gleiche Verhalten ist sehr deutlich auch schon zu constatiren, wenn man die Reizfrequenz geringer und dementsprechend die Oscillationen bedeutend stärker macht. In der umstehenden

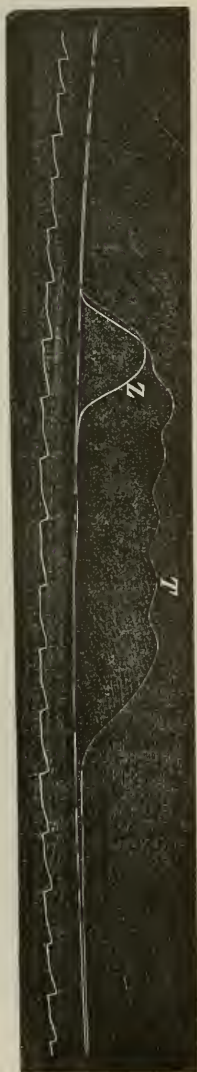
Fig. 1.



Zeitliche Verhältnisse der Einzelzuckung (Z belastet, Z' überlastet) und des unvollkommenen Tetanus (T).

Fig. 2 z. B. dauert das Stadium des Ansteigens in der Einzelzuckung 0,040 in dem unvollkommenen Tetanus nur 0,013 Sek.

Fig. 2.



Zeitliche Verhältnisse der Einzelzuckung (Z) und des unvollkommenen Tetanus (T).

Fig. 3.



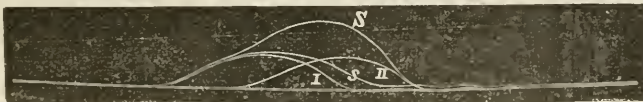
Lage der Contractionsmaxima in zwei einzelnen und der summirten Zuckung.

Hieraus folgt, dass die zeitlichen Verhältnisse der Einzelzuckung und des Tetanus in einer ganz anderen Beziehung stehen, als ge-

wöhnlich angenommen wird. Und wenn es eine bestimmte Reizfrequenz überhaupt gibt, bei deren Erreichung oder Ueberschreitung der Tetanus ein strenge vollständiger wird, so ist diese doch jedenfalls aus dem Verlauf der Einzelzuckung nicht zu entnehmen.

Bemerkenswerth ist nun, dass auch in denjenigen summirten Zuckungen, welche durch die Einwirkung nur zweier Reize hervorgerufen sind, sich eine analoge Erscheinung schon beobachten lässt. In der Regel ist hier mit grosser Deutlichkeit zu constatiren, dass in der summirten Zuckung das Contractionsmaximum schon erreicht wird, wenn nach dem zweiten Reiz eine erheblich kürzere Zeit verstrichen ist, als bei der Einzelzuckung zwischen Reiz und Gipfel liegt. Fig. 3 z. B. lässt dies auf den ersten Blick erkennen: I und II sind die Zuckungen, welche bezw. dem ersten Reiz allein und dem zweiten allein entsprechen, S die summirte. Der Gipfel von S liegt bedeutend weiter links als der von II. Ueber die Ursache der ganzen Erscheinung zu speculiren, dürfte verfrüht sein. Indessen sieht man doch, dass die Auffassung der summirten Zuckung als einer einfachen, welche lediglich auf eine andere Abscisse gesetzt sei, nicht ausreicht. Vielmehr gewinnt es den Anschein, als ob in der summirten Zuckung auch die schon relativ früher abnehmenden Antriebe des ersten Reizes noch zur Erscheinung kommen. In der That findet man auch, dass in der summirten Zuckung die Lage des Gipfels sehr wesentlich von der Stärke des zweiten Reizes abhängt, und zwar in der entgegengesetzten Weise, wie bei Einzelzuckungen: je schwächer der zweite Reiz ist, um so früher erreicht die summirte Zuckung ihr Maximum. In Fig. 4 zeigt S und s

Fig. 4.



Lage der Contractionsmaxima in der summirten Zuckung bei maximalem und untermaximalem zweiten Reiz (S und s).

zwei summirte Zuckungen; in beiden ist der erste Reiz maximal und das Intervall dasselbe; s entspricht einer untermaximalen, S einer maximalen Intensität des zweiten Reizes. Auch der Gipfel von S liegt früher als der von II, der Zuckung, welche der zweite, maximale, Reiz für sich allein hervorruft; aber der Gipfel von s liegt wiederum noch sehr bedeutend früher.

Resumirend können wir sagen, dass in der summirten Zuckung der zweite Reiz jedesmal ein Stadium der steigenden Energie hervorruft, welches im Vergleich zu demjenigen der Einzelzuckung verkürzt ist. In weit höherem Grade producirt beim unvollkommenen Tetanus jeder einzelne Reiz ein Stadium zunehmender Contraction, welches noch weit geringere Zeit dauert, und leicht auf den dritten oder vierten Theil von derjenigen Zeit sich verkürzt, welche das Stadium ansteigender Energie in der Einzelzuckung umfasst<sup>1)</sup>. Die Ermüdung des Muskels verlängert übrigens diese Zeiten ebenso oder noch mehr wie die einzelnen Zuckungen; demgemäss sieht man häufig bei etwas längerer Dauer einer bestimmten Reizfrequenz die Tetanuscurve nur ganz im Anfang oscillirend und dann stetig werdend.

Die mitgetheilten Thatsachen genügen, wie ich glaube, um die Widersprüche zu beseitigen, in welchen gewisse gegenwärtig herrschende Anschauungen theils unter sich, theils mit der Erfahrung stehen. An sich aber scheinen sie mir sehr bedeutungsvoll für die Theorie der Zuckung sowohl als der Summation. Jedenfalls fordern sie zu einem eingehenderen Studium der Summations-Erscheinungen auf, welches nicht bloss die Grössenverhältnisse, sondern auch den zeitlichen Verlauf ins Auge zu fassen hätte.

---

<sup>1)</sup> Welche Grenze etwa hier gesetzt sein mag, ist vorderhand nicht angegeben und nach der bis jetzt angewandten Methode auch nicht zu ermitteln. Es muss nämlich berücksichtigt werden, dass bei Frequenzen von 40 und mehr Reizen pro Sekunde die Periode der Zustandsänderung im einzelnen Muskelstück nicht mehr sehr gross ist im Vergleich zu der Fortpflanzung der Erregung durch die Länge des Muskels. Es ist daher möglich, dass in jedem Theile des Muskels noch ein Oscilliren stattfindet, solches aber in der Gesamtlänge nicht mehr zur Erscheinung kommt wegen der Phasendifferenzen, welche zwischen den verschiedenen Theilen derselben Muskelfaser bestehen.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1887

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Kries J. v.

Artikel/Article: [Über summirte Zuckungen und unvollkommenen Tetanus. 37-42](#)