Einige vergleichende Versuche über das Verhalten von Pflanzen und niederen Thieren gegen basische Stoffe.

Von

Th. Bokorny.

Vor einiger Zeit hat Verfasser in diesen Blättern berichtet¹⁾ über die Resultate einer grösseren ausschliesslich an Pflanzen ausgeführten Versuchsreihe, welche ein übereinstimmendes merkwürdiges Verhalten zahlreicher und sehr verschiedenen Pflanzen angehöriger Zellen gegen basische Stoffe ergab. Die Zellen zeigen bei Anwendung geeigneter (hoher) Verdünnungsgrade dieser Reagentien „Aggregation“ des Protoplasmas, d. h. Contraction desselben unter Wasserausstossung ohne Einbusse der Lebensfähigkeit. Die verschiedenen Theile des Cytoplasmas (der Kern wurde nicht berücksichtigt) reagiren in verschiedener Form: Die äussere und innere Hautschicht durch Contraction im ganzen, das Polioplasma, d. i. das zwischen beiden eingeschlossene fast immer Körnchen führende und häufig strömende Plasma, durch Zerfall in zahlreiche runde Eiweissballen, zwischen denen das ausgeschiedene Wasser liegt²⁾. Genannte Formen der Reaction können allein oder nebeneinander an ein und derselben Pflanzenzelle auftreten. Das Wort „Aggregation“, welches zuerst Ch. Darwin auf die bekannten Vorgänge beim Einbiegen der Drosera tentakel anwandte, wurde vom Verf. auf die analogen Vorgänge in anderen Pflanzenzellen und auf neue Formen der Aggregation übertragen; als Ursache derselben wurden basische Stoffe ganz allgemein festgestellt, während Darwin irrthümlich dem Stickstoffgehalt der angewandten Substanzen eine massgebende Bedeutung zuerkannt hatte (Kali thut es auch). Die

1) Dieses Archiv 1889, pag. 199—219.

2) Mitunter findet sich im Zellsaft Eiweiss vor, welches sich ebenso verhält; bei Spirogyren trifft man es zu gewissen Zeiten (gegen Winter) in grosser Menge dort an.

Aggregation in Droseratentakeln unterscheidet sich von anderen Vorgängen derart wohl nur durch das eine, dass sie leichter eintritt; sie erfolgt sogar durch blosse mechanische Eingriffe (Durchschneiden mit der Scheere) und kann schon durch die leisesten Spuren basischer Stoffe augenblicklich hervorgerufen werden.

Es war nun von Interesse, das Verhalten thierischen Protoplasmas gegen solche Stoffe zu prüfen; thatsächlich ergaben sich dort Erscheinungen, die sich den an Pflanzenzellen beobachteten vergleichen lassen.

Zugleich wurde die Einwirkung einiger anderer, meist giftiger Substanzen auf beiderlei Zellen vergleichend untersucht, soweit diess von Interesse zu sein schien; auch hier ergaben sich merkwürdige Analogieen.

Der Zweck, den nachstehend beschriebene Experimente verfolgten, war ein doppelter: 1) die an Pflanzen bereits festgestellte am lebenden Protoplasma sich abspielende Reaction auf basische Stoffe auch an einigen Thieren auszuprobiren, und 2) die Bedingung und Art des Absterbens einiger thierischer und pflanzlicher Zellen unter chemischen Einflüssen vergleichend zu studiren. In Anbetracht der geringen Zahl seiner Beobachtungen verhehlt sich Verfasser nicht, dass vorliegender Aufsatz nur einen schwachen Versuch in der bezeichneten Richtung bedeutet, der aber immerhin mittheilenswerth sein dürfte.

Versuche mit Caffein: Dieser Stoff löst sich schwer in kaltem Wasser, leicht in warmem, und ist auf die gewünschte Concentration rasch zu bringen, indem man die abgewogene Menge zunächst in etwas warmem Wasser löst, dann die berechnete Menge kalten Wassers zusetzt. Hat man nicht zu viel genommen, so scheidet sich das Caffein nachträglich nicht mehr aus. Aber auch ein zu viel bleibt lange Zeit in Lösung, und sorgt man dafür, dass das Wasser nur schwach gewärmt bleibt, so kann man auch mit starken Concentrationen beliebig operiren.

Lässt man 1 pro mille wässrige Caffeinlösung auf Amöben einwirken, so stellt sich bald heraus, dass dieselbe gut ertragen wird; die Ortsbewegung und strömende Bewegung im Innern dauert fort, auch bei tagelanger Einwirkung der Lösung; gleichzeitig anwesende sonstige niedere Thiere wie Infusorien, ferner niedere Pflanzen, Schwärmsporen von Algen etc. nehmen ebenfalls keinen merklichen Schaden.

Sehr bald zeigt sich aber an der lebenden Amoebe eine auffallende Veränderung, indem dieselbe sich nun schärfer von dem umgebenden Wasser abhebt, zahlreiche grosse Vacuolen im Innern auftreten, welche durch stark lichtbrechendes Plasma getrennt sind; die Fortsätze werden länger und dünner, die Bewegung ist langsamer und macht den Eindruck, als ob die sich bewegend Masse nicht mehr jenen Grad von Dünnsflüssigkeit hätte wie zuvor. All das deutet darauf hin, dass das Plasma in einen dichteren Zustand übergegangen ist, und gerade darin liegt die Uebereinstimmung mit den früher an Pflanzenzellen gemachten Beobachtungen. Die Vacuolen sind offenbar durch Wasserausscheidung aus dem Plasma zu Stande gekommen, das stärkere Lichtbrechungsvermögen ist Folge des grösseren Substanzreichtums im Plasma; der Grund der Dichtigkeitszunahme ist wahrscheinlich in einer Polymerisation des activen Albumins zu suchen (siehe hieüber a. a. O.).

Durch baldigen Ersatz der Caffeinlösung durch reines Wasser kann der frühere Zustand der Amoebe wieder hergestellt werden.

Das Infusorium *Paramaecium* zeigt ebenfalls interessante Veränderungen beim Einbringen in 1 pro mille Caffeinlösung. Die Wimperbewegung und freie Ortsbewegung dauert unverändert fort, während die beiden contractilen Vacuolen sich vergrössern und allmählich ihre Contractionsfähigkeit verlieren; das Plasma nimmt dabei ein stärkeres Lichtbrechungsvermögen an. Aus der Vacuolenvergrösserung scheint hervorzugehen, dass das lebende Plasma Wasser ausscheidet unter dem Einfluss jenes schwach basischen Stoffes; indem das Plasma hiermit dichter d. h. wasserärmer wird, nimmt es stärkeres Lichtbrechungsvermögen an. In der fort dauernden Einwirkung der 1‰ Caffeinlösung ist zugleich die Ursache für das Aufhören des spontanen Wechsels im Wassergehalt des Infusorienplasmas gegeben; die nun 2 bis 3 mal so grossen Vacuolen schwinden nicht mehr periodisch, sondern bleiben constant bestehen. Im Uebrigen scheint das Infusorium nicht verändert zu werden; es setzt seine Bewegungen tagelang in der Caffeinlösung unbehindert fort. In manchen findet sich schliesslich statt der 2 Vacuolen eine einzige sehr grosse vor; zugleich nimmt der Infusorienleib dabei oft runde Gestalt an; das Plasma bildet eine ziemlich dünne Hülle um die grosse Vacuole, so dass die noch immer lebhaft bewegliche Zelle ein ganz verändertes

Aussehen, fast das einer Pflanzenzelle (peripherischer Plasmasack eine einzige grosse Vacuole umschliessend) gewinnt.

Auf Pflanzenzellen wirkt Caffeinlösung vielfach andersartig ein, wie auf die genannten thierischen Zellen.

So ballt sich bei Zellen aus den Tentakelstielen von *Drosera rotundifolia* das Eiweiss zu Kugeln, welche entweder zwischen innerer und äusserer Plasmahaut eingeschlossen sind, wenn das Eiweiss dem Polioplasma angehört, oder im Zellsaft liegen, wenn dieses in der Vacuolenflüssigkeit vorkommt. Ausserdem contrahirt sich die innere Plasmahaut (Vacuolenwand), die hier und wohl überhaupt bei Pflanzenzellen sich wie ein besonderes Organ verhält, zu einer oder (unter Theilung) zu mehreren kleinen Blasen.

Die Bildung von Vacuolen im Plasma, wie sie bei genannten thierischen Zellen auftritt, lässt sich aber ganz wohl mit jenen Erscheinungen in Parallele stellen.

Denken wir uns, dass die Eiweissballen der Pflanzenzellen sich nicht vollständig von einander trennen, sondern durch Stränge oder Platten von Eiweiss mit einander in Verbindung bleiben, was auch bisweilen vorkommt, so haben wir einen Uebergang zu der Vacuolenbildung im Plasma der Infusorien- und Amoebezelle. Das wasserreiche plasmatische Eiweiss sondert sich in Wasser und wasserarmes Eiweiss, welches letzteres im einen Fall völlig oder theilweise zu Kugeln zerfällt, im andern ein schwammiges Gerüst zwischen der ausgeschiedenen Flüssigkeit bildet.

Im Uebrigen gibt es auch Pflanzenzellen, welche in besprochener Hinsicht völlig den thierischen gleichen.

So die Epidermiszellen am Stengel von *Hemerocallis fulva*.

Hebt man von dem jungen Stengel der *Hemerocallis fulva* die Epidermis ab und bringt den Schnitt zunächst in Wasser, so bemerkt man innerhalb der Membran jeder Epidermiszelle einen dicken Wandbelag von Protoplasma mit Kern; von jenem gehen mächtige Stränge ab, durchsetzen den Luftraum und verbinden den Wandbelag gegenüberliegender Seiten der Zelle.

Durch wässrige Caffeinlösung von 1 : 1000 geht ziemlich rasch eine merkwürdige Veränderung im Protoplasma dieser Zellen vor; es wird schaumig, indem zahlreiche Vacuolen darin auftreten; das Plasmagerüst, das nun zwischen den Vacuolen sich vorfindet, hat stärkeres Lichtbrechungsvermögen.

Bisweilen tritt auch hier eine Trennung der Plasmasubstanz in zahlreiche kleine Kügelchen auf.

Da unter dem Einfluss der 1^o/₁₀₀ Caffeinlösung ein baldiges Absterben vieler Zellen sich zeigt, ist es vielleicht gut, die Lösung noch weiter zu verdünnen, was um so eher angeht, als die Wirkung des Caffeins sicher in vielen Fällen (bei anderen Objecten vom Verfasser beobachtet) noch bei weitgrösserer Verdünnung eintritt. Caffeinlösung von 1:100 000 bewirkt oft noch deutliche und rasche Aggregation.

Versuche mit Ammoniak: Wässrige Ammoniaklösung von 1:100 tödtet Amöben fast augenblicklich; sie stellen sofort ihre Bewegungen ein und verquellen zu einer durchsichtigen vom Wasser sich wenig abhebenden Masse; indem schliesslich die äussere Hautschicht zerstört wird, gelangen die dem Amöbenplasma eingebetteten stark lichtbrechenden Körnchen in Freiheit. Ammoniak von 1:500 wirkt ebenfalls tödtlich.

Verdünt man letztere Ammonlösung auf das 5-fache, so wirkt sie nicht mehr tödtlich; die kriechende Bewegung der Amöben wie auch die Strömung im Innern dauert fort. Nach mehreren Stunden nimmt dann das Plasma eine schaumige Beschaffenheit an, indem zahlreiche Vacuolen, grosse und kleine, im Innern auftreten. Auch hier scheint also durch den basischen Stoff eine Wasserausscheidung aus dem Plasma zu erfolgen, ohne dass dadurch die Lebensfähigkeit verloren ginge; solche schaumig gewordene Amöben kriechen noch lebhaft umher.

Paramaccium stellt bei Einwirkung einer 1:500 Ammoniaklösung sogleich seine Bewegungen ein und erleidet auch sichtbare Veränderungen im Plasma, welche den Tod bekunden. Ammoniak von 1:1000 wirkt ähnlich. Auch wenn die Verdünnung 1:5000 angewandt wird, tritt bald eine Verlangsamung der Bewegung und schliesslich Stillstand ein; zugleich treten Formveränderungen auf, das Infusorium wird rundlich und zeigt, im optischen Durchschnitt gesehen, einen breiten, völlig hyalinen Saum, aus dem mehrere breite gerundete Auswüchse hervortreten; bisweilen lösen sie sich ab und nehmen völlige Kugelgestalt an. Schliesslich öffnet sich der Infusorienleib an einer Stelle und nun quillt der körnige Inhalt daraus hervor.

Sogar durch wässrige Ammoniaklösung von 1:10 000 treten die eben genannten Wirkungen noch theilweise ein. Viele Indivi-

duen aber leben fort, bewegen sich munter und zeigen dabei Vacuolenvergrösserung und Auftreten neuer Vacuolen im Innern, ferner eine etwas grössere Starrheit des Infusorienleibes, Erscheinungen, welche wiederum auf Wasserausscheidung aus dem lebenden Plasma schliessen lässt. Nach $\frac{1}{2}$ stündiger Einwirkung dieser hochverdünnten Ammoniaklösung kann man oft bis zu 20 grossen Vacuolen im Innern der noch lebhaft beweglichen Infusorien wahrnehmen.

Da offenbar grosse individuelle Verschiedenheiten hinsichtlich der Resistenz gegen chemische Einflüsse vorhanden sind, so ist natürlich geboten, die nöthige Concentration der Reagentien in jedem Falle besonders auszuprobiren.

Kohlensaures Ammoniak: wirkt ähnlich wie Ammoniak, aber schwächer; die Verdünnung 1:3000 dürfte hier genügen, um ähnliche Erscheinungen zu erzielen, wie mit Ammoniak von 1:10000.

Wirkung von Kalilösungen:

Paramaccium wird durch dieselben sehr verschieden je nach individueller Resistenz der Individuen beeinflusst. Bei den einen wirkt schon 1‰ Lösung tödtlich (das ganze Infusorium verquillt zu einer fast unsichtbaren Masse); bei den andern erst erheblich stärkere. Geeignete Concentrationen zur Hervorrufung ähnlicher Erscheinungen, wie sie 0,1 procentige Caffeinlösung bewirkt, wurden hier bis jetzt nicht gefunden.

An Pflanzenzellen wurden, wie schon früher berichtet, Aggregationerscheinung sowohl mit Kali als mit Ammoniak von 0,1‰ häufig beobachtet. Das Pflanzenprotoplasma scheint nicht so empfindlich gegen diese Basen zu sein, wiewohl auch hier in vielen Fällen eine weitergehende Verdünnung der Lösung rathsam sein dürfte.

Als Resultat obiger Versuche ergibt sich, dass auch manches thierische Plasma durch Basen in dichterem Zustand (unter Wasserausstossung) übergeführt werden kann, ohne die lebende Beschaffenheit einzubüssen.

Vielleicht wird diese kurze Mittheilung Anlass zu weiteren Untersuchungen.