

Z Zakładu Histologii i Embriologii Akademii Medycznej w Lublinie  
Kierownik: Prof. dr med. Stanisław Grzycki

Stanisław GRZYCKI

**Zakończenia nerwowe w nabłonku czułek  
ślimaków: *Helix pomatia* L., *Helix lutescens*  
*Rossm.* i *Cepaea hortensis* Müll.**

**Нервные окончания в наружном эпителии глазных щупалец  
у улитки: *Helix pomatia* L., *Helix lutescens* Rossm.  
и *Cepaea hortensis* Müll.**

**Über die Nervenendigungen in der Fühlhörnerepidermis  
der Landschnecken: *Helix pomatia* L., *Helix*  
*lutescens* Rossm. und *Cepaea hortensis* Müll.**

Flemming (1870—1884), Retzius (1892—1900), Smidt (1899) i Havet (1899) po zastosowaniu srebrzej metody Golgiego do wyczernienia komórek i włókien nerwowych w skórze ślimaków, a przede wszystkim w nabłonku czułek przednich i tylnych (ocznych) zwrócili uwagę na obecność komórek zmysłowych i komórek nerwowych dwubiegunowych lub jednobiegunowych, których wypustki zarodkowo drzewkowato rozgałęziały się pomiędzy komórkami nabłonka pokrywającego. Havet opisywał nawet pod nabłonkiem u *Limnaea* splot włókien nerwowych, który posiadał połączenia z węzłami nożnymi i bocznymi.

Heidermanns (1924) i Hanström (1925) również obserwowali w nabłonku czułek u *Helix pomatia* komórki zmysłowe (primäre Sinneszellen) i komórki o licznych wypustkach rozgałęziających się w nabłonku (Sinneszellen mit freien Nervenendigungen). I jedne i drugie komórki nerwowe tworzyły wolne zakończenia nerwowe między komórkami nabłonka pokrywającego, które to nie okazywały żadnego zróżnicowania czynnościowego, a raczej spełniały rolę tylko komórek pokrywnoochronnych.

Wielka wrażliwość dużych czułek ocznych na podniety świetlne, ciepłne i chemiczne po zniszczeniu gałki ocznej skłoniła nas do przebadania nabłonka i zakończeń nerwowych, tym bardziej, że w dostępnej literaturze nie znalazłem odpowiedzi wyjaśniających hiperneurotyzację, nadwrażliwość oraz możliwość czynnościowego zróżnicowania komórek i zakończeń nerwowych.

### Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono nad tylnymi, rurkowatymi, ocznymi, czułkami ślimaków lądowych: *Helix pomatia* L. (60 okazów), oraz *Helix lutescens* Rossm. (30 okaz.) i *Cepaea hortensis* Müll. (15 okaz.). 30 ślimaków (*Helix pomatia*) oślepieno niszcząc obustronnie gałkę oczną albo przy pomocy elektrokautera, albo zcinając nożyczkami ten odcinek czułka, w którym znajdowała się gałka oczna. Już po kilkunastu godzinach ślimaki powracały do normalnego trybu życia w terarium (pełzanie, pobieranie pokarmu), przy czym stały się one szczególnie wrażliwe w okolicy głowy na dotyk, ciepłe chuchnięcie i światło np. latarki elektrycznej. Materiał do badań z ślimaków oślepianych pobierano w 6 i 10 dniu pooperacyjnym.

Czułki ślimaków operowanych i nieoperowanych po odcięciu barwiono przez 30, 60 i 120 minut bielą rongalitową w roztworze 1:40, 1:50, 1:60, 1:100 i 1:200. Biel rongalitową w różnych roztworach wstrzykiwano także żywym ślimakom, dosercowo, jednorazowo w ilości 2—5 mm<sup>3</sup> a dopiero po upływie 6, 8, 10 i 12 godzin pobierano materiał do badań i utrwalano w 5% molibdenianie amonu wg Bethego — Dogiela lub Szymonowicza. Skrawki mikrotomowe grubości 50—60 mikronów po odparafinowaniu zamykano w balsamie kanadyjskim.

Do przyżyciowego zabarwienia włókien nerwowych użyto również błękitu metylenowego wg metod Spielmeyera, Schabadascha, Balabanowa, Ehrlicha, Dogiela i Szymonowicza. Błękit metylenowy jednak przeważnie zawodził.

Preparaty histologiczne przeglądowe wykonano po utrwaleniu czułek w utrwalaczach Zenkera, Langa, Schaffera, Susa i Bouin-Hollande'a, oraz po zabarwieniu wg metody Pasiniego (Błękit wodny + eozyna + kwaśna fuksyna), Nocht-Maximowa (Azur II + eozyna), Van Giesona (pikrofuksyna), Heidenhaina (pikrobłękit czarny), Weigerta (hematoksylina żelazista) i trójbarwnej metody Massona (hematoksylina + fuksyna kwaśna + błękit anilinowy).

### Obserwacje własne

Użycie bieli rongalitowej i błękitu metylenowego pozwoliło zabarwić splot bezrdzennych włókien nerwowych tuż pod nabłonkiem pokrywającym czułki. Ułożenie włókien, gęstość splotu oraz stosunek jego do nabłonka przypominały „splot podstawowy Boekego” (le réseau fondamentale de Boeke) opisywany zwykle w tkance gruczołowej.

Grubość włókien nerwowych była różna, oprócz bowiem bardzo cienkich i delikatnych widziało się także grube, wyraźnie barwiące się. Od splotu odginały się pojedyncze włókienka, które wnikały albo pomiędzy komórki nabłonka albo kończyły się śródkomórkowo. Można było prześledzić, że włókna splotu są dalekobieźnymi wypustkami neuronów zwoju czułkowego, przede wszystkim jego części górnej. Z części dolnej zwoju natomiast jedne włókna zdążyły do mięśnia czułkowego (m. retractor) i te prawdopodobnie są nerwami ruchowymi, drugie zaś, jako włókna kojarzeniowe lub łączące, biegły do części górnej zwoju i tu kończyły się albo w pobliżu neuronów, albo gubiły się wplątane w siatkę splotu podstawowego. Połączeń splotu podstawowego ze zwojami nożnymi i bocznymi, o których wspomina H a v e t, nie można było zauważyć.

Oprócz splotu podstawowego widoczne były duże komórki nerwowe, zwykle dwubiegunowe, przypominające wyglądem swoim komórki zwojowe typu R e t z i u s a, H a v e t a i H a n s t r ö m a, pozbawione jednak grudek zasadochłonnych Nissla. Wypustki nerwowe tych komórek jedne zdążyły zwykle w kierunku nabłonka pokrywającego, drugie natomiast skierowywały się do zwoju czułkowego. Szczególną uwagę poświęciliśmy właśnie wypustkom donabłonkowym, wytwarzały one bowiem typowe zakończenia nerwowe śródnabłonkowe i śródkomórkowe.

Zakończeniami nerwowymi śródnabłonkowymi nazywamy zasadniczo trzy typy morfologicznych zróżnicowań wypustek komórek zwojowych, które, jak wydaje się nam, nie stanowią form przejściowych w rozumieniu H a n s t r ö m a.

Pierwszy typ zakończenia nerwowego śródnabłonkowego określamy nazwą z a k o ń c z e n i a m i ę d z y k o m ó r k o w e g o g u z i c z k o w a t e g o. Widziało się wypustkę nerwową donabłonkową, która przechodząc pomiędzy komórkami pokrywającymi czułki, dopiero po wyjściu z nabłonka na powierzchnię zewnętrzną wytwarza okrągły lub owalny guziczek końcowy wtopiony w warstwę śluzu powlekającego skórę. Ten typ zakończeń jest szczególnie obfity na szczycie czułka i w okolicy gałki ocznej. Podkreślić jednak należy, że ilość tych zakończeń wzrasta po zniszczeniu gałki ocznej prowadząc do tzw. hiperneurotyzacji nabłonka. Mogłoby to więc wskazywać, że zakończenia guziczkowe stanowią morfologicznie najprostszą formę zakończeń

nerwowych o prawdopodobnie niestałym zróżnicowaniu fizjologicznym. Zakończenia tego typu były opisywane również przez Hulanicką (1912—1914) ale u *Testudo graeca*, *Emys lutaria*, *Crocodylus niloticus*, *Alligator lucius* i u *Triton cristatus*, a ostatnio także przez Ackermannówną u *Amblystoma mexicanum* i *Rana esculenta*.

Drugi typ zakończenia śródnabłonkowego stanowiły zwane przez nas zakończenia międzykomórkowe meniskowate. Wypustka nerwowa donabłonkowa wnikała pomiędzy komórki pokrywne i rozszerzała się na kształt łopatki lub spłaszczonej pałeczki, która ściśle przylegała do komórki. Ten typ zakończeń nerwowych bardzo przypominał meniski dotykowe Merkla, których wielokształtność opisywana była przez Szymonowicza, Jałowego i Dogiela w naskórku, we włosach, w nabłonku podniebienia ptaków.

Zwykle jedna wypustka nerwowa dochodziła do komórki i przylegała do niej meniskiem styczonym, rzadziej spotykało się by wypustka dzieliła się widelkowo przed wejściem do nabłonka i dopiero następnie wytwarzała meniski. W kilku zaledwie miejscach można było obserwować dwumeniskowe zakończenia ale wytworzone przez jedną komórkę nerwową, przy czym meniski były od siebie oddalone, tak iż pod zasięg jednej komórki włączony był stosunkowo szeroki odcinek nabłonka pokrywającego.

Zwrócono również uwagę na to, że komórki nabłonka, do których przylegały meniski styczne, barwiły się mniej wybiórczo, a jądra ich posiadały wyraźną siatkę zrębową. I tu znowu przez porównanie z ciałkami Merkla możnaby nazwać je komórkami dotykowymi. Podobną, ale bardziej zdefiniowaną formę zakończenia nerwowego obserwowała Hulanicka w skórze traszki (*Triton cristatus*) nazywając je nawet komórkami dotykowymi Merkla (komórka nabłonkowa + menisk dotykowy). Także Ackermannówna (1932—1933) w naskórku axolotla (*Amblystoma mexicanum*) opisuje komórki dotykowe, które określa nazwą „ovale Sinneszellen”.

Zakończeń międzykomórkowych meniskowatych jest niewiele w nabłonku czułów, a ilość ich nie wzrasta po oślepieniu zwierzęcia. Domyślać by się więc można, że ten typ zakończeń jest bardziej morfologicznie i fizjologicznie zróżnicowany. Brak

nam jednak w tej chwili podstaw do wyrażenia przypuszczenia, że stanowią one komórki recepcyjne smaku, powonienia względnie światła, tym bardziej, że te zdolności przypisuje H a n s t r ö m raczej komórkom czuciowym wytwarzającym wolne zakończenia nerwowe.

Trzeci typ zakończenia śródnabłonkowego nazywaliśmy zakończeniem międzykomórkowym drzewkowatym. Można by nazwać je również mianem zakończeń śródnabłonkowych wolnych, tak jak określają je H a n s t r ö m, Z a w a r z i n, R o g o s i n a, ponieważ przypominają one prawie całkowicie zakończenia drzewkowate „arboricationes” T e l l o ' a. Komórka nerwowa wysyłając pojedynczą wypustkę w kierunku nabłonka ujawnia olbrzymie możliwości rozgałęziania się tej wypustki na krótsze lub dłuższe włókna, które przenikając pomiędzy komórki nabłonka zasięgiem swoim obejmują kilka lub kilkanaście komórek przylegających do siebie. Tworzy się dzięki temu zespół komórek nabłonkowych unerwionych przez jedną komórkę nerwową, a tym samym organizuje się ograniczona płaszczyzna odbiorcza zwiększająca powierzchnię substancji nerwowej.

Obserwując dokładnie terytoria zespołów komórkowych można powiedzieć, że prawie cały nabłonek czułek jest unerwiony przez zakończenia drzewkowate, a stosunek tych zakończeń do zakończeń meniskowatych i guziczkowatych jest niemal taki sam, jak u kręgowców włókien śródnabłonkowych do innych zakończeń. Zespołowe zgrupowanie komórek powiązanych z jedną komórką nerwową pozwala myśleć o zespole tworzącym zorganizowany nabłonek zmysłowy zdolny do odbierania wrażeń świetlnych, a może nawet węchowych lub smakowych. Trudno w tej chwili określić jego charakter fizjologiczny mimo, iż po usunięciu gałki ocznej ilość zakończeń drzewkowatych w czułkach pomnaża się, o czym mogły świadczyć obfitsze rozgałęzienia drzewek obserwowane już w 10 dniu po operacji.

Morfologiczne różnicowanie końcówek nerwowych w nabłonku pokrywającym jest prawdopodobnie kierowane nie przypadkowością, ale raczej fizjologiczną koniecznością. Zakończenia nerwowe międzykomórkowe drzewkowate, a przede wszystkim guziczkowate obserwowane w skórze czułek *Helix pomatia*, *Helix lutescens* i *Cepaea hortensis* bardzo przypominają przecież

umiejscowieniem i wyglądem swoim zakończenia opisywane przez Jaburka (1927) w skórze *Coluber longissimus*, *Varanus griseus*, *Damonia reevesi* (Gray) i *Alligator mississippiensis*, a także przez Hulanicką i Ackermannówną, a równocześnie stanowią jakgdyby formę czynnościowego zróżnicowania tak zwanych włókien protopatycznych lub epikrytycznych Head'a, albo włókien percepcyjnych Frey'a zdolnych do bezpośredniego odbierania głównie czucia dotyku. Zjawienie się jednak większej ilości tego typu zakończeń nerwowych w nabłonku czułka po zniszczeniu gałki ocznej podwyższa, a nawet zmienia ich wartość fizjologiczną potwierdzając nasze przypuszczenie niezaprzeczające możliwości wpływu czynności na ukształtowanie, ale wyraźnie zwracające uwagę na brak związku pomiędzy formą zakończenia a wykonywaną czynnością. Te same formy końcowe mogą posiadać różny charakter czynnościowy, względnie różne formy końcowe mogą spełniać taką samą lub podobną czynność.

Cechą charakterystyczną zakończeń nerwowych jest dążność do zwiększenia powierzchni substancji nerwowej. To zwiększenie powierzchni jest utworzone nie tylko przez rozgałęzienie lub oplątanie włókien nerwowych na pewnej przestrzeni, ale także przez rozluźnienie struktur neurofibrylarnych odcinków końcowych poszczególnych włókien, które układają się albo pomiędzy komórkami, albo wnikają do cytoplazmy, tworząc śródplazmatyczne sieci neurofibrylarne i sieci periterminalne Boekego. Sieci periterminalne zatem, jak stwierdzają Heringa, Akkeringa, Ławrentjew, Jałowy i inni, są strukturami pośredniczącymi pomiędzy utkaniem neurofibrylarnym a cytoplazmą unerwionej komórki.

Bardzo subtelne barwienie słabym roztworem (1:100, 1:200) bieli rongalitowej pozwoliło tylko w dwu przypadkach zaobserwować typowe zakończenia nerwowe śródkomórkowe, które były jak gdyby dalszym ciągiem zakończeń meniskowych. W meniskach widziało się delikatną siatkę neurofibrylarną, która wtapiała się w cytoplazmę i przechodząc w utkanie periterminalne oplatające prawdopodobnie jądro, zniknęła w komórce. Utkania periterminalne w jednym i drugim przypadku były bardzo delikatne, tak, że zachowanie się ich pozostawia w dalszym ciągu swobodę dyskusji. Mimo tego ważnym wydaje się nam stwierdzenie, że dotychczas obowiązującą w opisach zakończeń nerwo-

wych w skórze ślimaków teorię odrębności można zastąpić teorią łączności, która prowadzi do zrozumienia obecności struktur pośrednich łączących tkankę nerwową z komórkami ustroju.

Jeśli jednak uwzględnimy badania Cannon'a, Dale'a, Baccueta i Loewi'ego zdajemy sobie sprawę jak dalecy jesteśmy jeszcze od całkowitego zrozumienia zagadnienia dotyczącego rozwiązania zagadki wiązań końcowych utworzonych przez komórki nerwowe.

#### PIŚMIENICTWO

1) Ackermann J.: Bull. Acad. Pol. Ser. B. II. 1932; 2) Ackermann J.: Bull. Acad. Pol. Ser. B. II. 1933; 3) Balabanow L.: Zeitsch. f. Zellforsch. Vol. 3. 1925. 4) Flemming W.: Arch. f. mikrosk. Anat. Vol. 6. 1870; 5) Flemming W.: Zeitsch. f. wiss. Zool. Vol. 22. 1872; 6) Flemming W.: Arch. f. mikr. Anat. Vol. 23. 1884; 7) Hanström B.: Acta Zool. Vol. 6. 1925; 8) Havet C. J.: Anat. Anz. Vol. 16. 1899. 9) Heidermann S.: Zool. Jahrb. Abt. Allgem. Vol. 41. 1924. 10) Hulanicka R.: Bull. Acad. Pol. Ser. B. II. 1912; 11) Hulanicka R.: Anat. Anz. Vol. 43. 1913; 12) Hulanicka R.: Anat. Anz. Vol. 46. 1914. 13) Jaburek L.: Zeitsch. f. mikr. Anat. Forsch. Vol. 10. 1927; 14) Retzius G.: Biol. Unters. Neue Folge. Vol. 4. 1892; 15) Retzius G.: Biol. Untersuch. Neue Folge. Vol. 9. 1900. 16) Schabadasch A.: Zeitsch. f. Zellforsch. Vol. 10. 1930; 17) Schabadasch A.: Zeitsch. f. Zellforsch. Vol. 10. 1930. 18) Smidt C.: Anat. Anz. Vol. 16. 1899. 19) Spielmeier W.: Technik der mikroskopischen Untersuchung des Nervensystems. Ed. IV. J. Springer. Berlin 1930.

#### Р Е З Ю М Е

Кроме основного подэпителиального сплетения автор отмечает в глазных щупальцах улиток (*Helix pomatia* L., *Helix lutescens* Rossm. i *Cerpea hortensis* Müll.) крупные двуполусные ганглиозные клетки. Отростки этих клеток частью пробегали по направлению к эпителию, частью же — к автентальному ганглию. Нервные отростки направляющиеся к эпителию образуют типичные нервные окончания интраэпителиальные и межклеточные.

В группе нервных интраэпителиальных окончаний автор выделяет: 1) кнопковидные межклеточные окончания, 2) менисковидные межклеточные окончания и 3) древовидные межклеточные окончания.

Морфологическая дифференциация нервных окончаний эпителиального покрова, по видимому, не является случайной, а скорее возникла в силу физиологической необходимости. Древовидные межклеточные нервные окончания, а прежде всего кнопковид-

ные, наблюдаемые в эпителии щупалец подвергнутых исследованию улиток весьма сильно напоминают по своей локализации и по своему виду окончания описанные Гуляницкой, Акерманн и Ябурком, а наряду с этим представляют как будто форму физиологической дифференцировки так называемых про-топатических или эпикритических волокон Heade'a или перцепционных волокон Frey'a, обладающих способностью непосредственного воспринимания прежде всего осязательных возбуждений. Возникновение, однако, большего числа этого типа нервных окончаний в эпителии щупальца после уничтожения глазного яблока усиливает и даже изменяет их физиологическую функцию, подтверждая этим предположения автора, которые, хотя не противоречат возможности влияния функции на структуру, однако ясно обращают внимание на отсутствие связи между формой окончания и исполняемой функцией. Аналогичные по форме нервные окончания могут исполнять разные функции, или разные по своему строению окончания могут исполнять такую же или подобную функцию.

Характерной чертой нервных окончаний является стремление к увеличению поверхности нервной субстанции. Это увеличение поверхности может быть достигнуто не только путем разветвления или перепутания волокон на некотором пространстве, но также путем разрыхления неврофибриллярных структур на концевых участках остальных волокон, которые укладываются либо между клетками, либо проникают в цитоплазму, образуя межплазматические неврофибриллярные сети и перитерминальные сети Воеке. Перитерминальные сети, следовательно, являются посредником между неврофибриллами и цитоплазмой иннервированной клетки.

Лишь очень чуткое окрашивание раствором ронгалитного лейкооснования позволило автору только в двух случаях наблюдать типичные межклеточные окончания, представляющие собой как будто продолжение менисковидных окончаний. В менисках можно было наблюдать тонкую неврофибриллярную сетку, которая проникала в цитоплазму и, переходя в перитерминальную сеть, оплетающую повидимому ядро, исчезала в клетке. Перитерминальные сети в одном и другом случае были очень нежны, так что их наличие и значение остается открытым, подлежащим дискуссии вопросом. Однако важным, кажется установление того факта, что общепринятую до сих пор при описаниях нервных



окончаний в эпителиальном покрове улиток теорию „обособленности“ можно заменить теорией „связи“, которая дает возможность выяснить и понять наличие посредственных структур, связывающих нервную ткань с клетками организма.

## ZUSAMMENFASSUNG

Ausser dem subepithelialen Grundplexus beobachtete der Verfasser bei den hinteren Fühlhörner der Landschnecken (*Helix pomatia* L., *Helix lutescens* Rossm. und *Cepaea hortensis* Müll.) grosse bipolare Ganglienzellen. Die einen der Fortsätze dieser Zellen liefen in Richtung des Epitheliums, die anderen dagegen richteten sich auf die Fühlhörnerganglien. Die zuepithelialen Nervenfortsätze bildeten typische intraepitheliale und intrazelluläre Nervenendigungen.

In der Gruppe der intraepithelialen Nervenendigungen beschreibt der Verfasser: 1) interzelluläre knöpfchenartige Endigungen, 2) interzelluläre meniskenartige Endigungen und 3) interzelluläre bäumchenartige Endigungen.

Die morphologische Differenzierung der Nervenzellen im Deckepithelium ist höchstwahrscheinlich nicht durch Zufall gerichtet, sondern vielmehr durch eine physiologische Notwendigkeit. Die interzellulären bäumchenartigen Nervenendigungen, vor allem aber die knöpfchenartigen, welche in der Fühlhörnerhaut der untersuchten Landschnecken beobachtet wurden, erinnern sehr durch ihre Lokalisierung und ihr Aussehen an die, durch Hulanicka, Ackermann und Jaburek beschriebenen Nervenendigungen und bilden gleichsam eine Form von funktionaler Differenzierung der sogenannten protopatischen oder epikritischen Fasern von Head, oder perceptionalen Fasern von Frey, welche zur direkten Aufnahme, hauptsächlich aber zur Tastföhlung fähig sind.

Jedoch das Erscheinen einer grösseren Anzahl von Nervenendigungen dieses Typus im Fühlhörnerepithelium nach der Vernichtung des Bulbi oculi verändert sogar ihren physiologischen Wert, was unsere Vermutung bestätigt und was zwar der Möglichkeit des Tätigkeitseinflusses auf die Gestaltung nicht widerspricht, jedoch deutlich auf das Fehlen eines Zusammenhanges der Endigungsform und der ausgeführten Tätigkeit hinweist. Dieselben Endigungsformen können einen verschiedenen

funktionalen Charakter haben, beziehungsweise können verschiedene Endigungsformen dieselbe oder eine ähnliche Tätigkeit erfüllen.

Ein charakteristisches Merkmal für die Nervenendigungen ist das Bestreben zur Vergrößerung der Nervensubstanzfläche. Diese Flächenvergrößerung wird nicht nur durch Abzweigungen oder Verwicklungen der Nervenfasern in einem gewissen Raum gebildet, sondern auch durch Lockerungen von neurofibrillären Endigungsabschnitten der einzelnen Fasern, welche sich entweder zwischen den Zellen anordnen oder in das Zytoplasma eindringen, indem sie intrazelluläre neurofibrilläre und periterminale Netze von Boeke bilden. Die periterminalen Netzwerke sind also Vermittlungsstrukturen zwischen den neurofibrillären Netzen und dem Zytoplasma der benervten Zelle.

Eine sorgfältige Färbung mit einer schwachen Lösung von Rongalitweiss erlaubte dem Verfasser allerdings nur in zwei Fällen typische intrazelluläre Nervenendigungen zu beobachten, welche so aussehen, als ob sie die weitere Folge von Meniskendigungen wären. In den Menisken war ein delikates, neurofibrilläres Netzwerk sichtbar, welches sich in das Zytoplasma einschmolz und in das periterminale Netz, welches wahrscheinlich den Kern umflocht, übergehend, in der Zelle verschwand. Die periterminalen Netzwerke waren in einem und dem anderen Falle sehr delikat, so dass ihr Verhalten zunächst eine offene Frage bleibt. Trotzdem scheint die Feststellung wichtig zu sein, dass die bisher in den Beschreibungen verpflichtende Besonderheitstheorie der Nervenendigungen in der Haut der Landschnecken, durch eine Verbindungstheorie ersetzt werden kann, welche zum Verständniss der Anwesenheit von mittelbaren Strukturen, die das Nervengewebe mit den Zellen des Organismus verbinden, führt.