



## Wie aus Gefahrensignalen Schmerzen werden

Einführung – Unser außergewöhnliches Gefahrenmeldesystem – 22

Eine genauere Betrachtung der Alarmsignale – 24

Botschaften senden – 28

Das Alarmsignal erreicht das Rückenmark – 31

Die Gefahrenbotschaft wird im Gehirn analysiert – 32

Das Orchester im Gehirn – 34

Systeme, die Ihnen bei Schwierigkeiten helfen – 36

## Einführung – Unser außergewöhnliches Gefahrenmeldesystem

2

Über Tausende von Jahren haben wir ein bemerkenswertes sensorisches System entwickelt, das unser Gehirn ständig über Veränderungen in unserem Körper informiert. Unser Gehirn reagiert darauf fast immer, ohne dass wir uns dessen bewusst sind [37]. Ein Bestandteil dieser Sinneswahrnehmung ist das sogenannte Gefahrenmeldesystem – ein hochentwickeltes System, dessen Aufgabe darin besteht, unser Gehirn vor drohenden oder tatsächlichen Gefahren zu warnen. Es informiert unser Gehirn, wenn unser Körper in Gefahr ist. Es informiert uns über das Ausmaß und die Art der Gefahr (z. B. eine Verbrennung im Vergleich zu einem Kneifen).

Seien Sie dankbar für dieses Alarmsystem! Auf Grund von Krankheiten und Verletzungen kann das Alarmsystem aber auch fehlerhaft arbeiten (z.B. bei Diabetes). Das kann enorme negative Konsequenzen für den Gesamtorganismus haben, zum Beispiel bei Lepra: Trotz Auftreten von Gewebsuntergang, Verlust von Körperteilen und Deformitäten versagt hier das Alarmsystem. In seltenen Fällen haben Menschen von Geburt an keine Sinnesempfindung für Schmerzen. Dies ist keineswegs ein Segen, weil ihr Gehirn somit nicht vor Verletzungen oder Krankheiten gewarnt wird [38].

Unser Gefahrenmeldesystem arbeitet eng mit anderen Sicherheitsvorrichtungen im Körper zusammen: Sehen, Riechen, Hören und Schmecken. Zusammen mit diesen 4 Sinnessystemen schützt es den Körper vor Selbstzerstörung. Was den Menschen gegenüber den Tieren auszeichnet, ist seine Fähigkeit, die Zukunft vorhersehen zu können. Wir können unser Gedächtnis und unseren Verstand einsetzen, um Gefahren vorzubeugen. Es ist eine gefährliche Welt da draußen, und unser Körper tut sein Möglichstes, um uns zu schützen.

Das Alarmsystem braucht eine Kommandozentrale: das Gehirn. Genauso wie wir unsere kostbarsten Wertgegenstände in einem alarmgesicherten, gut gepolsterten Tresor verwahrt wissen wollen, wurde unser Alarmsystem am sichersten Platz im ganzen Körper verstaut – in der knöchernen Sicherheit des Schädels (Schädelknochen sind unsere stärksten Knochen) und in einer quasi hydraulisch gepufferten Umgebung eingebettet. Es gibt außerdem noch an-

dere untergeordnete Kommandozentralen. Diese findet man ebenfalls an relativ gut gesicherten Stellen, nämlich neben den knöchernen Rückenwirbeln (► Seite 56).

Auf dem Bild (► Seite 23) wurde durch eine Papierschnittwunde etwas Hautgewebe beschädigt, und ein paar Alarmglocken begannen zu läuten. Aber das ist nicht alles. Das Läuten der Alarmglocken bedeutet nicht unbedingt, dass auch Schmerzen wahrgenommen werden. Wenn Sie Ihre Hand über eine heiße Fläche halten und durch die zunehmende Hitze eine gewisse Gefährdung abzusehen ist, würde das schon ausreichen, um die Alarmglocken zu aktivieren, die dann Warnmeldungen senden. Der Prozess, durch den diese Gefahrenmeldungen schließlich in Schmerzen umgesetzt werden, ist sehr viel komplexer. Im nächsten Abschnitt betrachten wir dieses Alarmsystem, das in uns allen existiert, einmal etwas näher durch ein Mikroskop.



## Eine genauere Betrachtung der Alarmsignale

2

### Hellwache kleine Reporter, die die Alarmglocken läuten können

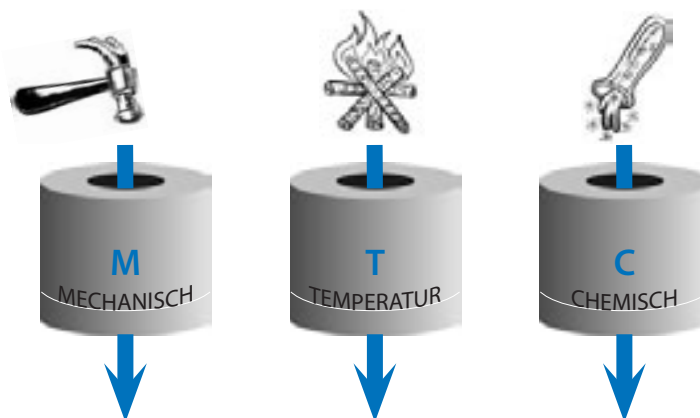
Überall in unserem Körper sind Millionen von Sensoren verteilt. Man kann sich die Sensoren am besten als »Reporter« vorstellen, die in ihrem jeweiligen Einsatzgebiet ständig auf Vorkommnisse achten. Sie sitzen in den Wänden und an den Enden von Neuronen, die die Fähigkeit haben, Informationen in Richtung Rückenmark zu übermitteln (auf ► Seite 54 finden Sie weitere Informationen über Neuronen).

Sensoren können sehr stark spezialisiert sein. Manche reagieren nur auf mechanische Kräfte (M) wie Kneifen oder Druck; manche reagieren auf Temperaturunterschiede (T), d. h. heiß und kalt. Andere reagieren bei chemischen Veränderungen (C), die entweder von außerhalb in Ihren Körper eindringen (z. B. Nessel, Allergiestoffe) oder in Ihrem Körper vorhanden sind (chemische Botenstoffe in Zellen oder in Körperflüssigkeiten transportierte Substanzen, wie z. B. Milchsäure). Wenn Sensoren auf einen Reiz (z. B. Säuren oder Kneifen) reagieren, öffnen sie sich, so dass positiv geladene Teilchen (Ionen) von außerhalb in die Neuronen strömen können. Dieses Einströmen löst einen elektrischen Impuls in den Neuronen aus.

Diese Sensoren sind neben den Sensoren in Ihren Augen (darauf spezialisiert, auf Licht zu reagieren), Ohren (darauf spezialisiert, auf Schallwellen zu reagieren) und in Ihrer Nase (darauf spezialisiert, auf chemische Botenstoffe zu reagieren) unser primäres Schutzsystem gegen mögliche Schäden. Unser Gehirn wird vor gefährlichen Reizen gewarnt, und wenn eine Sensorengruppe ausfällt, kann der Ausfall teilweise durch eine andere kompensiert werden.

Die gleiche Spezialisierung wie bei den Sensoren gibt es auch bei den Neuronen, auf denen diese Sensoren sich befinden. Zum Beispiel werden elektrische Impulse in manchen Neuronen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 150 Stundenkilometern übermittelt, in anderen Neuronen werden sie nur mit einer Geschwindigkeit von einem Kilometer pro Stunde weitergeleitet. Diese Spezialisierungen bedeuten, dass ein Neuron nur eine begrenzte Menge an Informationen an das zentrale Nervensystem weitergeben kann. Das Rückenmark wird beispielsweise folgendermaßen informiert: »Steigende Temperaturen in meinem Gebiet« oder: »Erhöhter Säurespiegel in meinem Gebiet«. Dagegen werden die bewussten komplexen Empfindungen wie »zerreißend«, »dehnend«, »ausreißend« und »quälend« unter Berücksichtigung **aller** vorhandenen Informationen erst von unserem Gehirn erzeugt, nicht ausschließlich aufgrund der Warnsignale.

Lernen Sie einige Sensoren kennen, die auf Reize reagieren



### Lebenswichtige sensorische Informationen

1. Die meisten Sensoren gibt es in unserem Gehirn. Sie werden vor allem von chemischen Botenstoffen aktiviert. Gedanken aller Art (z.B. Gedanken an eine anstehende Prüfung) können die Alarmglocken im Gehirn zum Läuten bringen, genauso wie Nesseln oder andere Reize die Alarmglocken in der Peripherie aktivieren können. Beginnen wir mit den Sensoren in den Nerven der Haut, der Muskeln und der Knochen.
2. Wenn Sie sich Neuronen unter dem Mikroskop ansehen, werden Sie feststellen, dass an den Sensoren eine Menge an Aktivitäten stattfinden. Wir haben einen mechanischen (M), einen thermischen (T) und einen chemischen (C) Sensor gezeichnet. Jeder Sensor kann durch verschiedene Medikamente oder Chemikalien geöffnet oder geschlossen werden. Wenn Sie beispielsweise zum Zahnarzt gehen und eine »schmerzhemmende« Spritze bekommen, schließen die injizierten Medikamente die Sensoren, damit sie keine mechanischen Reize mehr erfassen können. Es werden keine Impulse zum Rückenmark weitergeleitet. Das Gehirn erfährt nichts von der Gefahr. Andere Medikamente und Chemikalien können die Sensoren geöffnet halten. Zum Beispiel werden beim Stich eines Rochens (der schmerzhaftesten aller Schmerzerfahrungen für jeden, der einmal gestochen wurde) durch die vom Rochen abgegebenen Chemikalien die Sensoren langfristig offen gestellt.
3. Sensoren haben eine kurze Lebensdauer– nur ein paar Tage, dann werden sie durch neue Sensoren ersetzt. Das bedeutet aber auch, dass Ihre Empfindlichkeit sich ständig verändert. Bitte merken Sie sich diesen Punkt. Wenn Sie an chronischen Schmerzen leiden, kann Ihnen das vielleicht neue Hoffnung geben. Ihr momentanes Maß an Schmerzempfindlichkeit ist nicht auf Dauer festgelegt.
4. Sensoren sind Proteine, die in Ihren Neuronen unter dem Einfluss der DNA produziert werden – des größten Kochrezeptbuchs überhaupt. In der DNA gibt es alle möglichen Rezepte – und auch solche für viele verschiedene Arten von Sensoren. Welche spezifischen Rezeptoren ein Neuron bildet, hängt von den jeweils aktivierten »Rezepten« ab. Welche Rezepte aktiviert werden, hängt wiederum mit Ihrem momentanen individuellen Bedarf an Sicherheit und Be-

quemlichkeit zusammen. Die Mischung an Sensoren ist unter normalen Umständen relativ ausgeglichen, aber sie kann sich schnell ändern: Falls Ihr Gehirn entscheiden sollte, dass eine erhöhte Stressempfindlichkeit das Beste für Ihre Sicherheit ist, steigert die DNA ihre Produktion von Sensoren, die durch stressbedingte Botenstoffe wie Adrenalin geöffnet werden können.

5. In ähnlicher Weise kann die normalerweise recht konstante Geschwindigkeit der Sensorenproduktion schnell verändert werden. Eine Veränderung in der Produktionsgeschwindigkeit für Sensoren führt dazu, dass die Empfindlichkeit des betreffenden Neurons auf einen bestimmten Reiz erhöht oder gesenkt wird. Wenn Sie anhaltende Schmerzen haben, können Sie daraus Hoffnung schöpfen, denn die Sensorenproduktion kann sich reduzieren, sobald die Nachfrage danach sinkt.

»Hey, ich bin ein mechanischer Sensor. Ich mach mir doch nichts aus Chemie, Mann!«



## Eine genauere Betrachtung der Alarmsignale – Fortsetzung

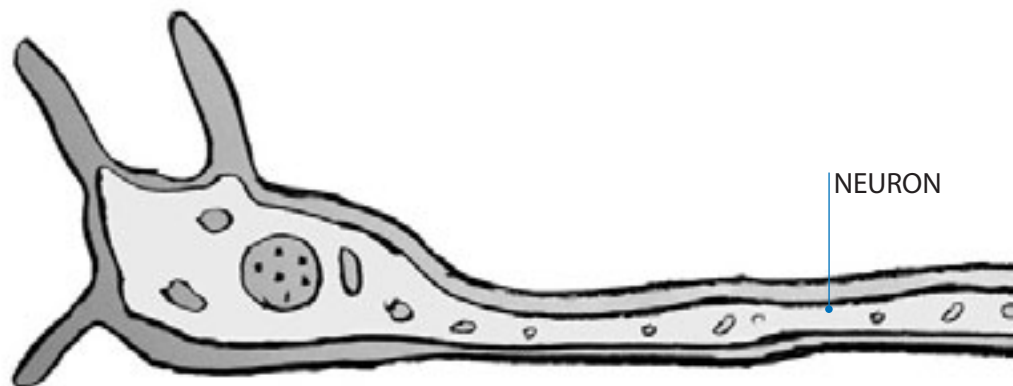
### Also, was haben Sensoren und Sensorenaktivität nun mit Schmerzen zu tun?

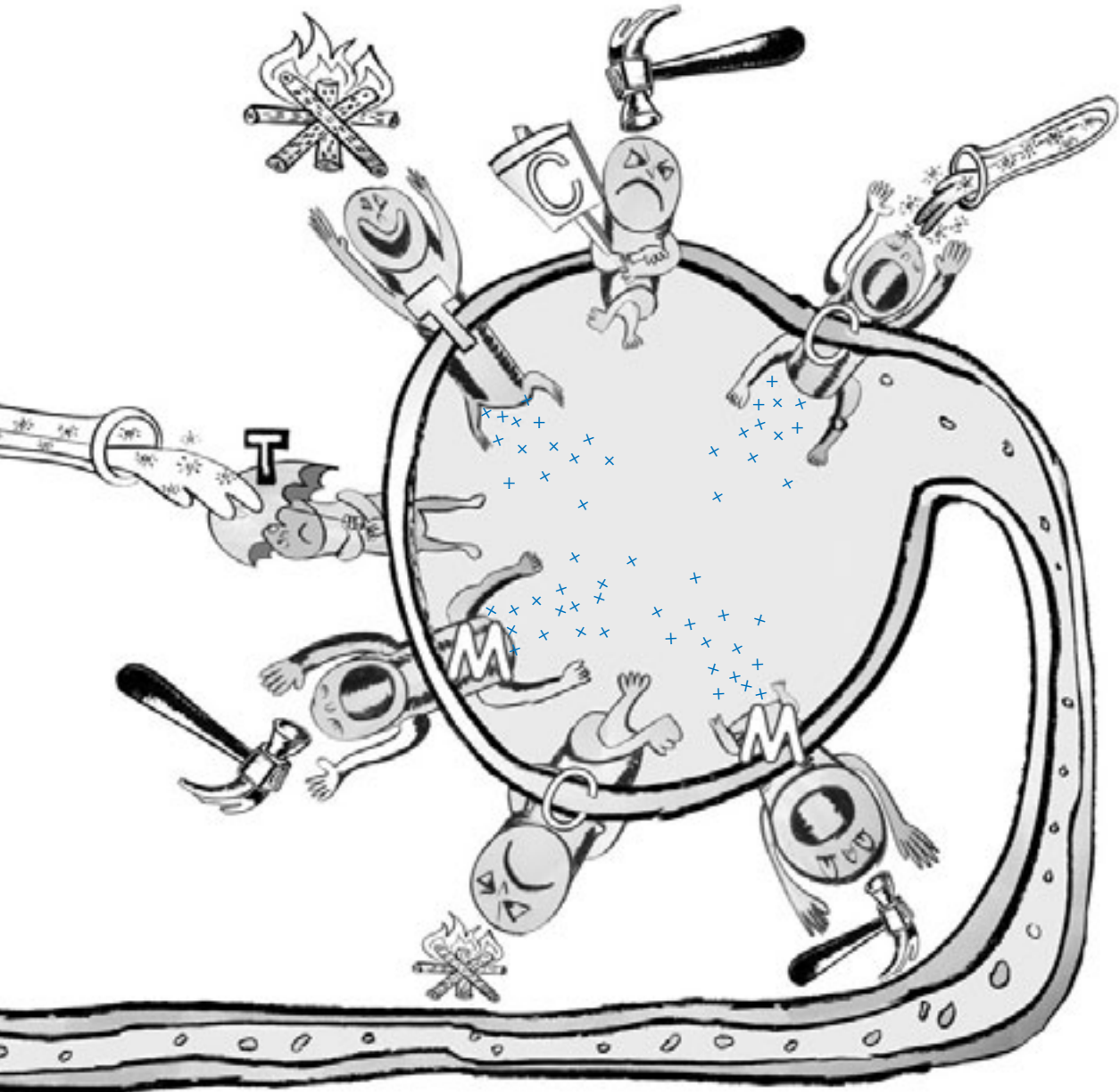
In diesem Buch geht es um das Thema Schmerzen, aber eigentlich haben wir gar keine richtigen »Schmerzrezeptoren«, »Schmerznerven«, »Schmerzbahnen« oder »Schmerzzentren«. Es gibt jedoch Neuronen in unseren Geweben, die auf alle Arten von Reizen reagieren, wenn diese ausreichend stark sind, um eine potentielle Gefahr für die Gewebe darzustellen. Bei der Aktivierung dieser speziellen Neuronen werden Signale mit höchster Dringlichkeit an das Rückenmark geschickt, und von dort werden sie unter Umständen an das Gehirn weitergeleitet. Aktivität in dieser Art Nerven wird »Nozizeption« genannt, was wörtlich »Schmerzsinn« bedeutet. In jedem von uns ist der Schmerzsinn fast ständig aktiviert – aber nur manchmal empfinden wir tatsächlich Schmerzen.

Nozizeption ist der häufigste, aber keinesfalls der einzige Vorbote von Schmerzen. Zum Beispiel können bestimmte Gedanken direkt im Gehirn Alarmsignale aktivieren, ohne dass irgendwo anders eine Nozizeption ausgelöst wird.

**Wichtig: Nozizeptive Aktivität allein reicht nicht aus und ist auch keine notwendige Voraussetzung für Schmerzempfindungen .**

In der Zellmembran des Neurons befinden sich verschiedene Sensoren. Wenn sich ein Sensor öffnet, strömen Ionen (elektrisch geladene Teilchen) hindurch. Viele Sensoren sind auf bestimmte Reize ausgerichtet: **M** öffnet sich bei **mechanischen** Reizen, **C** öffnet sich bei **säurehaltigen** oder **chemischen** Reizen, und **T** öffnet sich bei **Temperaturunterschieden**. Wenn sie lange genug offen bleiben, können ausreichend viele positiv geladene Ionen in die Zelle fließen und ein Gefahrensignal an das Rückenmark senden.









<http://www.springer.com/978-3-642-01686-8>

Schmerzen verstehen

Butler, D.; Moseley, G.L.

2009, IX, 130 S., Hardcover

ISBN: 978-3-642-01686-8