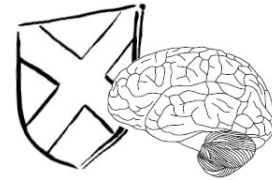


# Das Immunsystem



Vor nicht allzu langer Zeit, dachte man, das Gehirn sei von Immun-Vorgängen ausgeschlossen, da es von Immunreaktionen und Entzündungen verschont wäre. Dem ist nicht ganz so. Es wird nach Außen hin von der Blut-Hirn-Schranke geschützt. Das ist keine richtige Schranke, sondern eine besondere Zellschicht, die die Blutgefäße im Gehirn auskleidet und verhindert, dass große Moleküle und Zellen aus dem Blut ins Gehirn gelangen. Die Ansicht, das Gehirn sei gänzlich ausgeschlossen, hat sich in letzter Zeit grundlegend verändert. Dank intensiver Untersuchungen der Wechselwirkung zwischen Gehirn und Immunsystem ist Neuro-Immunologie zu einem sehr regen Forschungsfeld geworden.

## Körperabwehr

Das **Immunsystem** ist die erste Abwehrreihe gegen böswillige Eindringlinge. Die Viren, Bakterien und Pilze können gewöhnlich und harmlos sein, wie bei der altbekannten Erkältung, oder aber gemein und lebensbedrohlich, wie bei AIDS, Meningitis oder Tuberkulose.

Die Abwehr verläuft auf viele Ebenen. Zuerst lokal im infizierten oder verletzten Gewebe, welches anschwellt, schmerzt, verstärkt durchblutet wird und lokale

Entzündungs-Moleküle bekommt. Im Allgemeinen schickt das Immunsystem gewisse Zellen, die **Leukozyten** und die Makrophagen, sowie **Akute-Phase-Proteine** zum Ort der Entzündung um den Schädling zu erkennen, angreifen und vernichten. Diese erste Sofortreaktion ruft auch die Beschwerden hervor, die wir alle kennen: Fieber, Schmerzen, Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Teilnahmslosigkeit, usw. Jede dieser Reaktionen trägt zur Infektabwehr bei, spart Energie oder hilft dem Wiederaufbau, kann aber auch schädlich sein, wenn sie zu stark oder langanhaltend ist. Folglich muss alles gut geregelt sein.

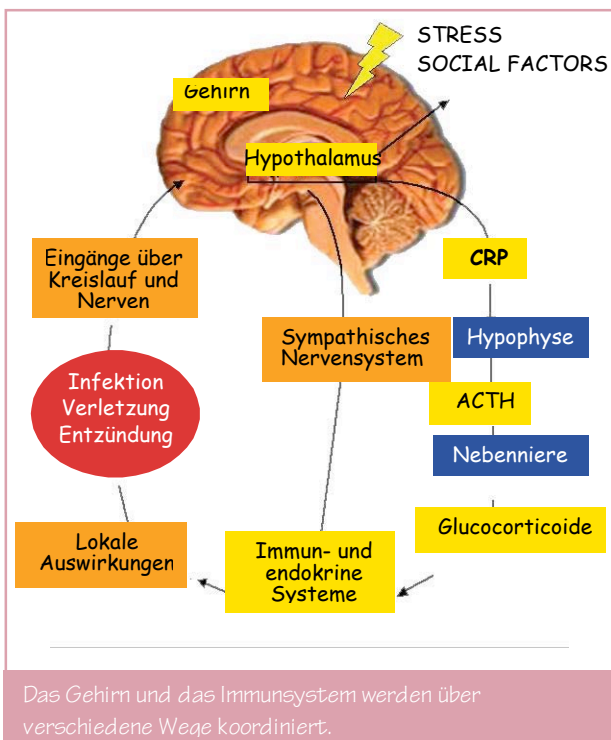
## Das Gehirn und seine Abwehrmechanismen

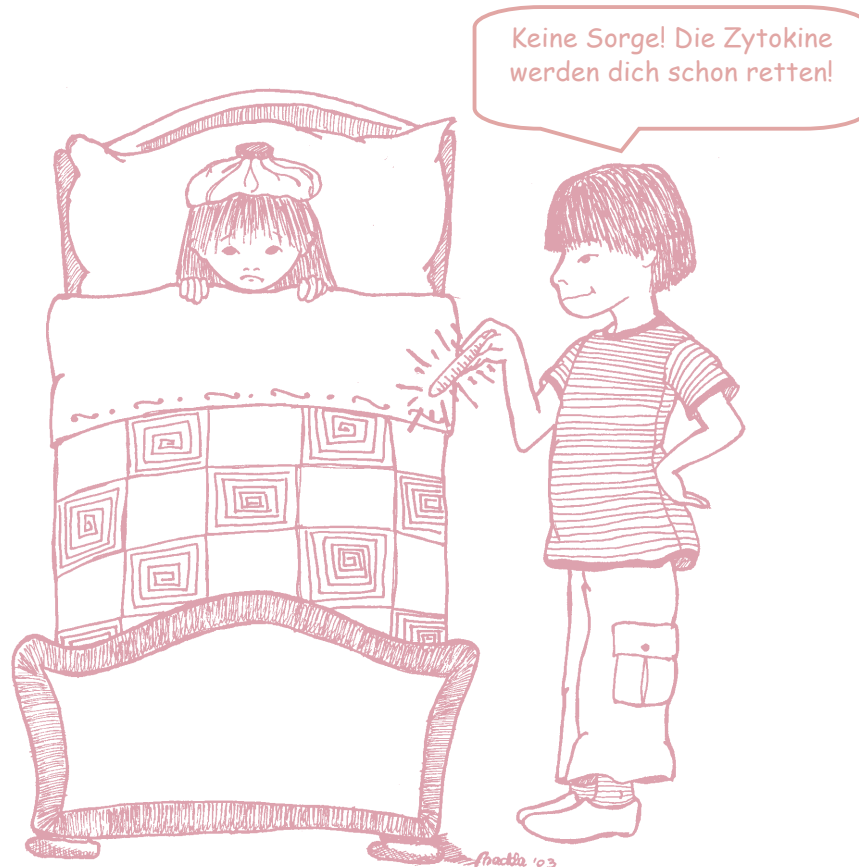
Die Ansicht, das Gehirn sei vom Immunsystem ausgeschlossen, wurde abgelöst durch eine neue Auffassung ihrer Wechselwirkung. Man weiß heute, dass das Gehirn sehr wohl auf Signale aus geschädigtem Gewebe und dem Immunsystems reagieren kann und es auch tut. Die alte Lehrmeinung wurde umgestülpt. Untersuchungen haben ergeben, dass das Gehirn eine Reihe an Immun- und Entzündungsreaktionen aufweist und dass es tatsächlich ein wichtiger Regler des Immunsystems und der Akute-Phase-Reaktion ist. Viele der Antworten auf Krankheit, wie Fieber (sprich, Körpertemperatur), Schlaf und Appetit werden maßgeblich vom Hypothalamus gesteuert.

Von Verletzungen und Infektionen des Gewebes wird dem Gehirn über sensorische Nerven oder Botenstoffe im Kreislauf berichtet. Die neuronalen Signale erreichen das Gehirn über C-Fasern (die auch Schmerz leiten, siehe Kapitel 5) und über dem Vagus-Nerven von der Leber – der Herstellungsort der Akute-Phase-Proteine. Welche die Botenstoffe im Kreislauf genau sind, ist noch unzureichend geklärt, aber man vermutet, es handelt sich um **Prostaglandine** (von Aspirin gehemmt) und **Komplement-Proteine** (diese vernichten Eindringlinge durch eine molekulare Kettenreaktion); die wichtigsten Botenstoff-Proteine wurden jedoch erst in den letzten 20 Jahren entdeckt – die **Zytokine**.

## Zytokine sind Abwehrmoleküle

Zytokine sind des Körpers Soldaten. Es wurden schon über Hundert Arten entdeckt – und es werden immer mehr. Normalerweise sind sie nur spärlich vorhanden, werden aber rasant hergestellt, wenn der Körper erkrankt oder verletzt wird. Unter anderem sind es **Interferone**, **Interleukine**, **Tumor-Nekrose-Faktoren** und **Chemokine**. Die meisten werden vor Ort im verletzten Gewebe abgegeben und wirken auf Nachbarzellen, andere aber gelangen in den Kreislauf und benachrichtigen so entfernte Organe, auch das Gehirn. Die meisten Reaktionen auf Krankheit und Infektion werden von Zytokinen ausgelöst.





Auslöser der Zytokin-Herstellung sind bakterielle und virale Erzeugnisse und Gefahren, wie Gifte und Sauerstoffmangel. Ein wichtiger Regler ist auch das Gehirn, das die Herstellung ein- und ausschalten kann, je nach neuronalen (z.B. über das sympathische Nervensystem) und hormonellen (z.B. Cortisol aus der Nebenniere) Signalen.

Zytokine sind Proteine, die vielerweise auf das Immunsystem wirken. Die meisten regen es an und aktivieren Schlüsselemente der Entzündung wie Schwellung, Durchblutung und die Freisetzung einer zweiten Welle an Entzündungsmolekülen. Sie wirken auf fast alle Organsysteme, einschließlich der Leber, wo sie die Akute-Phase-Proteine einleiten. Obwohl sich Zytokine ähneln, sind sie manchmal auch ganz unterschiedlich. Einige wirken z.B. einer Entzündung entgegen und hemmen entzündungsfördernde Prozesse; die meisten wirken örtlich auf die umgebenden Zellen, andere gelangen in den Kreislauf, wie Hormone.

### Stress und das Immunsystem

Jeder weiß, dass Stress und Sorgen die Körperabwehr schwächen und krank machen. Mittlerweise weiß man, dass Stress nicht nur das Gehirn über die HHN-Achse beeinflusst (siehe vorheriges Kapitel), sondern auch das Immunsystem und zwar indirekt über das Gehirn, wie man erwarten würde. Stress beeinflusst das Immunsystem und die Empfänglichkeit für Krankheiten, aber wie, das hängt von unserem Umgang damit ab. Einige gedeihen in Stress geradezu. Nur Stress, den wir nicht bewältigen können,

hemmt unsere Abwehr, wie Überlastung bei der Arbeit oder schlimme Tragödien. Wie genau Stress und Immunabwehr verknüpft sind, ist noch unklar, aber die **Hypothalamus-Hypophyse-Nebenniere-Achse** ist sicherlich sehr wichtig. Eine der Hauptreaktionen auf Stress im Gehirn ist die vermehrte Herstellung von dem Protein **Corticotropin-freisetzender-Faktor (CRF)** im Hypothalamus. CRF legt die kurze Strecke zwischen Hypothalamus und Hypophyse zurück und setzt dort das nächste Hormon frei, **Adrenocorticotropin-freisetzender-Faktor (ACTH)**. Dieses wiederum gelangt über den Kreislauf zur Nebenniere, wo es das Steroidhormon **Cortisol** freisetzt. Cortisol dämpft letztendlich die Immunabwehr und die Entzündung sehr stark ein. Die Geschichte ist aber wahrscheinlich noch komplizierter. Man kann davon ausgehen, dass auch andere Hormone und Nervensignale teilnehmen. Außerdem kann leichter Stress unsere Abwehr sogar bessern.

### Immunabwehr und Entzündungen im Gehirn

Heute weiß man, dass Zytokine auch an der Entstehung und Entwicklung vieler Krankheiten beteiligt sind, wie der Multiplen Sklerose, Schlaganfall und Alzheimer-Krankheit. Es scheint, dass die Überproduktion bestimmter Zytokine im Gehirn selbst den Neuronen schaden kann. Zurzeit wird versucht neue Behandlungen zu entwickeln, die darauf abzielen Abwehr- und Entzündungsbeteiligt Moleküle zu hemmen. So kann die Neuro-Immunologie – ein Neuling in den Neurowissenschaften – vielleicht bald wertvolle Hinweise und Behandlungen für Hirnerkrankungen liefern.