Entzündung: Physiologie, Zytokine & chronische Entzündung

Autor: Wolfram Klatt
Veröffentlicht am: 10.08.2026

Dokument generiert über Gesundheitsmythen.de

ZUSAMMENFASSUNG (ABSTRACT)

Eine Entzündung ist die universelle Schutzantwort des Immunsystems auf Gewebeschädigungen oder Erreger. Der Artikel erklärt die fünf Leitsymptome, Gefäß- und Zellantworten, den Unterschied zwischen akuten und chronischen Entzündungen sowie Mythen um Kühlen und Entschlackung.

Entzündung: Das feurige Schwert des Immunsystems

1. Definition und Grundlagen (Der Einstieg)

Kaum ein medizinischer Begriff ist im Alltag so allgegenwärtig wie die „Entzündung“. Ob ein schmerzender Hals beim Schlucken, ein dick geschwollenes Knie nach einem sportlichen Fehltritt oder ein pochender, geröteter Insektenstich – fast jeder Mensch macht regelmäßig Bekanntschaft mit diesem elementaren biologischen Prozess. Doch was genau verbirgt sich tief im Gewebe dahinter? Eine Entzündung (lateinisch *inflammatio*, von *inflammare* = in Brand stecken) ist keine Krankheit an sich, sondern die fundamentale, universelle und absolut lebensrettende Antwort unseres Immunsystems auf einen potenziell schädlichen Reiz.

Dieser auslösende Reiz kann von unterschiedlichster Natur sein: Eingedrungene Erreger wie Bakterien, Viren, pathogene Pilze oder Parasiten gehören ebenso dazu wie rein physikalische Einflüsse (extreme Hitze, Kälte, UV-Strahlung, mechanische Verletzungen) oder chemische Noxen (Säuren, Laugen, Toxine). Sogar körpereigene Auslöser, wie abgestorbenes Gewebe durch einen lokalen Sauerstoffmangel (wie bei einem Herzinfarkt) oder fehlgeleitete Immunreaktionen, können den Prozess in Gang setzen. Das primäre evolutionäre Ziel einer Entzündung ist es stets, die Ursache der Zellschädigung zu neutralisieren, die Ausbreitung des Schadens im Gewebe strikt zu begrenzen und schließlich die Reparatur und Wiederherstellung des betroffenen Areals einzuleiten. Entzündungen sind in erster Linie eine Funktion des angeborenen (innaten) Immunsystems – jenes uralten, schnellen Abwehrsystems, das wir mit fast allen Tieren teilen.

Die Metapher der städtischen Notfallrettung: Stellen Sie sich den Körper als eine gut organisierte Großstadt vor. Eine Entzündung gleicht einem Großeinsatz der Feuerwehr und Polizei. Wenn in einem Gebäude ein Feuer ausbricht (Gewebeverletzung oder Infektion), schlagen die Brandmelder (Wächterzellen) Alarm. Die Leitstelle blockiert sofort die umliegenden Straßen und leitet den Verkehr um (Veränderung der Blutgefäße), damit die Einsatzkräfte (weiße Blutkörperchen) schnell zum Ort des Geschehens gelangen können. Während des Einsatzes herrscht Chaos, es entsteht Lärm und Hitze – das sind die spürbaren Symptome. Erst wenn das Feuer gelöscht ist, beginnen die Aufräumarbeiten (Heilungsphase).

Klassischerweise ist eine akute Entzündung durch fünf Leitsymptome gekennzeichnet, die bereits vor Jahrtausenden in der Antike von dem römischen Gelehrten Aulus Cornelius Celsus treffend beschrieben und im 19. Jahrhundert vom deutschen Pathologen Rudolf Virchow ergänzt wurden:

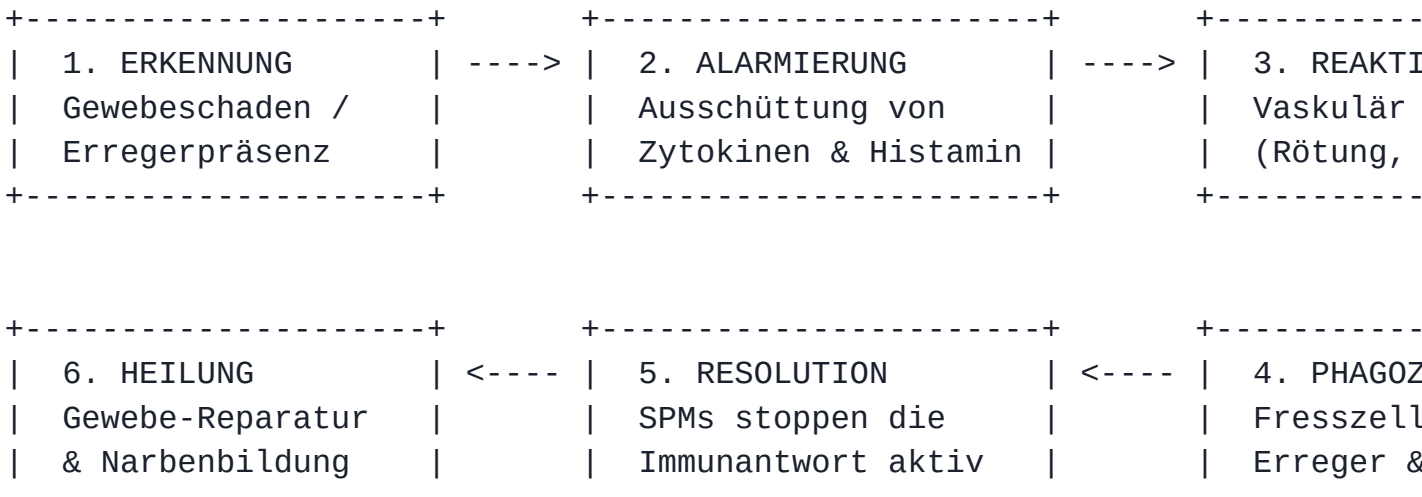
- **Rubor** (Rötung)
- **Calor** (Überwärmung)
- **Tumor** (Schwellung)
- **Dolor** (Schmerz)
- **Functio laesa** (Eingeschränkte Funktion des Organs oder Gewebes)

Diese phänomenologische Beschreibung ist bis heute in der Klinik gültig und lässt sich direkt auf die faszinierenden mikroskopischen und molekularen Vorgänge zurückführen, die sich im Verborgenen abspielen. Grundsätzlich unterscheidet man dabei die **akute Entzündung**, die schnell (binnen Minuten oder Stunden) einsetzt, heftig verläuft und im Idealfall mit der

vollständigen Ausheilung (*Restitutio ad integrum*) endet, von der **chronischen Entzündung**. Letztere entsteht, wenn der auslösende Reiz nicht beseitigt werden kann oder das Immunsystem körpereigenes Gewebe kontinuierlich attackiert. Chronische Entzündungen verlaufen oft schleichend, sind weit weniger offensichtlich, verursachen anfangs kaum Schmerzen und bilden dennoch die pathophysiologische Basis vieler moderner Zivilisationskrankheiten.

2. Der naturwissenschaftliche Mechanismus (Die Tiefe)

Die Entzündung ist ein hochkomplexes, streng choreografiertes Zusammenspiel von Blutgefäßen, verschiedensten Immunzellen und einer wahren Symphonie chemischer Botenstoffe (Mediatoren). Der Ablauf lässt sich grob in eine Erkennungs-, eine Reaktions- und eine Abräumphase unterteilen.



(Abbildung: Stark vereinfachtes Phasenmodell der Entzündungsreaktion)

Die Erkennung und der erste Alarm: Der Prozess beginnt augenblicklich, wenn Wächterzellen des Immunsystems – vor allem Makrophagen (Fresszellen), dendritische Zellen und Mastzellen –, die wie kleine Sensoren überall in den Geweben unseres Körpers stationiert sind, auf eine Gefahr stoßen. Sie besitzen auf ihrer Oberfläche und in ihrem Inneren spezialisierte Rezeptoren, die sogenannten *Pattern Recognition Receptors* (PRRs), wie zum Beispiel die Toll-like-Rezeptoren (TLR). Diese Rezeptoren sind evolutionär exakt darauf programmiert, hochkonservierte molekulare Muster zu erkennen, die für Erreger typisch sind (PAMPs = Pathogen-Associated Molecular Patterns) oder von zerstörten körpereigenen Zellen

freigesetzt werden (DAMPs = Damage-Associated Molecular Patterns).

Bindet ein solches PAMP (etwa ein Bestandteil einer bakteriellen Zellwand wie Lipopolysaccharid) an einen Rezeptor der Wächterzelle, wird tief in der Zelle ein molekularer Schalter umgelegt. Die Zelle beginnt sofort, mächtige entzündungsfördernde Botenstoffe in die Umgebung auszuschütten: Zytokine (wie Interleukin-1 und Tumornekrosefaktor-alpha, TNF-?) und Chemokine (Lockstoffe für andere Immunzellen). Gleichzeitig schütten benachbarte Mastzellen das biogene Amin Histamin aus ihren prall gefüllten intrazellulären Speichern (Granula) aus.

Zusätzlich wird das Komplementsystem im Blutplasma aktiviert – ein Kaskadensystem aus speziellen Proteinen. Dieses System verstärkt sich selbst, markiert Eindringlinge für die Fresszellen (ein Prozess namens Opsonisierung) und kann durch das Zusammenbauen sogenannter Membranangriffskomplexe förmlich mikroskopische Löcher in die Zellwände von Bakterien stanzen, wodurch diese abgetötet werden.

Die vaskuläre Reaktion (Das Öffnen der Schleusen): Diese ersten chemischen Alarmsignale wirken unmittelbar auf die winzigen Blutgefäße (Kapillaren und Venolen) in der direkten Umgebung der Gefahrenstelle. Es kommt zur Vasodilatation: Die Muskulatur der Blutgefäße entspannt sich, sie weiten sich stark. Dadurch fließt weitaus mehr Blut in das betroffene Gebiet, was klinisch als die typische Rötung (Rubor) und Überwärmung (Calor) sichtbar wird.

Zudem sorgen Stoffe wie Histamin und das Schmerzhormon Bradykinin dafür, dass sich die Zellen der inneren Blutgefäßwand (Endothelzellen) leicht zusammenziehen. Zwischen diesen Zellen entstehen winzige Lücken. Die Gefäßwand verliert ihre absolute Dichtigkeit und wird durchlässig (erhöhte Permeabilität). Blutplasma, das nun reich an schützenden Antikörpern, Nährstoffen und Proteinen zur Blutgerinnung ist, strömt aus den Gefäßen in das umliegende Gewebe. Die direkte Folge ist eine Flüssigkeitsansammlung im Zwischenzellraum, das entzündliche Ödem – wir spüren und sehen die Schwellung (Tumor). Je nach Art des Reizes kann diese austretende Flüssigkeit klar (seröse Entzündung, z.B. bei einer Brandblase) oder eitrig (durch massenhaft abgestorbene Immunzellen und Bakterien) sein.

Die entstandene Schwellung führt zu einem mechanischen Spannungsgefühl im Gewebe. Bestimmte Botenstoffe wie Prostaglandine sensibilisieren zudem gezielt die lokalen Nervenenden, was den typischen, teils pochenden Entzündungsschmerz (Dolor) verursacht. Aus Sicht der Evolution ist dieser Schmerz höchst sinnvoll: Er zwingt den Organismus zur unbedingten Schonung des verletzten Bereichs, um weiteren Schaden abzuwenden. Gelangen

Botenstoffe in die Blutbahn und erreichen bestimmte Regionen im Gehirn (den Hypothalamus), können sie zudem den Temperatursollwert des Körpers nach oben verstellen – es entsteht Fieber. Eine erhöhte Körpertemperatur beschleunigt die Arbeit der Immunzellen und hemmt gleichzeitig die Vermehrung vieler hitzeempfindlicher Erreger.

Die zelluläre Reaktion (Der Einsatz vor Ort): Durch den aufgrund der Gefäßerweiterung verlangsamten Blutstrom werden weiße Blutkörperchen an den Rand des Blutgefäßes gedrängt. Insbesondere die neutrophilen Granulozyten – die schnelle, aber kurzlebige Eingreiftruppe des Immunsystems – sind nun gefordert. Die freigesetzten Zytokine haben die innere Gefäßwand "klebrig" gemacht, indem dort bestimmte Haftmoleküle (Selektine und Integrine) zum Vorschein kommen. Die Neutrophilen rollen an der Gefäßwand entlang, bleiben fest haften und zwängen sich dann unter Formveränderung durch die mikroskopischen Lücken in das Gewebe hinein (Transmigration). Im Gewebe folgen sie wie Rettungshunde einer chemischen Duftspur aus Chemokinen bis zum genauen Ort des Geschehens (Chemotaxis). Dort angekommen, übernehmen sie die Aufgabe der Müllabfuhr: Sie verschlingen Bakterien oder Zelltrümmer (Phagozytose) und zersetzen diese mithilfe aggressiver Enzyme und hochreaktiver Sauerstoffspezies (ROS).

3. Bedeutung für Körper und Gesundheit (Die Relevanz)

Ohne die Fähigkeit, rasch eine Entzündung zu initiieren, wäre das menschliche Leben angesichts unzähliger Umweltgefahren unmöglich. Schon triviale Verletzungen könnten andernfalls zu lebensbedrohlichen systemischen Infektionen führen. Die akute Entzündung ist unser primärer, sofort einsatzbereiter Schutzschild.

Die wissenschaftliche Erforschung von Entzündungsprozessen hat jedoch in den letzten Jahrzehnten gezeigt, dass Entzündungen die pathophysiologische Basis fast aller chronischen Zivilisationskrankheiten bilden, wenn sie nicht rechtzeitig abklingen.

Stille Entzündung (Silent Inflammation): Hierbei handelt es sich um einen chronischen, niedrigschwelligen Entzündungszustand im Körpergewebe. Er bleibt oft über viele Jahre völlig unbemerkt, weil er keine klassischen Symptome wie akute Schmerzen oder sichtbare Schwellungen hervorruft. Dennoch sind Immunzellen und Zytokine auf einem moderaten Level daueraktiv. Befeuert wird dieser Zustand unter anderem durch Bauchfettgewebe (viszerales

Fett). Dieses ist kein reiner Energiespeicher, sondern verhält sich wie ein aktives endokrines Organ, das kontinuierlich entzündungsfördernde Botenstoffe (Adipokine) ins Blut ausschüttet. Weitere bedeutende Einflussfaktoren sind chronischer psychischer Stress, Tabakkonsum, anhaltender Schlafmangel und eine stark verarbeitete, faserarme Ernährung.

Eine spezielle Form dieses Phänomens ist das *Inflammaging* – die altersbedingte Zunahme von entzündlichen Prozessen. Alternde (seneszente) Zellen, die ihre Funktion verloren haben, sterben nicht immer ab. Stattdessen können sie im Gewebe verbleiben und einen Cocktail aus Entzündungsstoffen freisetzen (SASP, Senescence-Associated Secretory Phenotype).

Diese langanhaltende, leise Entzündungsaktivität belastet die Gewebe. Die Atherosklerose (Arterienverkalkung), ein maßgeblicher Risikofaktor für Herzinfarkte und Schlaganfälle, wird heute als chronisch-entzündliche Erkrankung der Blutgefäßwände verstanden. Auch beim Typ-2-Diabetes, bei neurodegenerativen Erkrankungen und bei bestimmten onkologischen Prozessen spielen andauernde Entzündungen eine wichtige modulierende Rolle. Bei Autoimmunerkrankungen (z.B. Rheumatoide Arthritis, Multiple Sklerose) richtet sich diese entzündliche Energie fälschlicherweise dauerhaft gegen gesunde körpereigene Strukturen. Das biochemische Gleichgewicht der Entzündungsregulation ist folglich ein zentraler Schlüssel für langfristige Gesundheit.

4. Häufige Missverständnisse und Halbwissen (Die Aufklärung)

Im medizinischen Alltag begegnen Ärzten und Apothekern immer wieder Missverständnisse rund um das Thema Entzündungen, die teilweise tief in der Gesellschaft verankert sind.

Mythos 1: Entzündung bedeutet immer gleichzeitig Infektion. Es ist ein weit verbreitetes Missverständnis, dass jede Entzündung durch Erreger wie Bakterien oder Viren verursacht wird. Zwar löst fast jede manifeste Infektion eine Entzündung aus, aber der Umkehrschluss gilt nicht. Ein verstauchter Knöchel, ein starker Sonnenbrand oder eine mechanische Sehnenüberlastung sind schmerzhafte, hochgradige Entzündungen – jedoch gänzlich ohne Beteiligung von Bakterien. In solchen aseptischen (erregerfreien) Fällen ist der Einsatz von Antibiotika nicht nur wirkungslos, sondern birgt auch das Risiko unerwünschter Nebenwirkungen für die Darmflora.

Mythos 2: Entzündungen müssen sofort aggressiv unterdrückt werden. Die Annahme, Entzündungen seien prinzipiell "schlecht" und müssten immer umgehend mit Medikamenten

gestoppt werden, greift zu kurz. Tatsächlich ist die Entzündungsreaktion der erste und zwingend notwendige Schritt jeder Heilung. Wenn dieser Prozess nach leichten Verletzungen sofort durch die Einnahme starker entzündungshemmender Schmerzmittel (wie NSAR) komplett blockiert wird, kann dies die natürliche Geweberegeneration stören. Dies betrifft auch das frühere Standard-Vorgehen bei Sportverletzungen – das sofortige und exzessive Kühlen mit Eis (PECH-Regel). Intensive Kälte verengt die Blutgefäße extrem stark. Zwar lindert das kurzfristig den Schmerz, es verhindert jedoch auch, dass wichtige Immunzellen und reparative Botenstoffe rasch genug zum Verletzungsort gelangen. Viele moderne Sportmediziner raten heute eher zu einer moderaten Herangehensweise: Eine maßvolle Schmerzlinderung ist sinnvoll, aber der natürliche Entzündungs- und Heilungsverlauf sollte nicht vollständig "eingefroren" werden, um langfristig stabile Heilungsergebnisse zu erzielen.

Mythos 3: Cortisol ist grundsätzlich ein schädliches Stresshormon. In der Wahrnehmung vieler ist Cortisol schädlich. Tatsächlich ist körpereigenes Cortisol jedoch unser wichtigstes *entzündungshemmendes* Hormon. Es schützt den Körper davor, dass Immunreaktionen überschießen. Synthetische Abkömmlinge (wie Cortison) gehören zu den wichtigsten Medikamenten bei schweren entzündlichen Schüben. Problematisch wird Cortisol nicht durch seine bloße Existenz, sondern erst dann, wenn es durch anhaltenden, chronischen Stress über lange Zeiträume in überhöhten unnatürlichen Konzentrationen ausgeschüttet wird.

5. Alternative Erklärungsmodelle und die Perspektive der evidenzbasierten Medizin

Da chronische Entzündungen ein so präsenter Faktor für die Gesundheit sind, begegnen uns in den Medien und in der Alternativmedizin viele Theorien und Behandlungsvorschläge, die nicht immer mit dem aktuellen wissenschaftlichen Konsens übereinstimmen. Viele Menschen, die an diffusen, chronischen Beschwerden wie Erschöpfung oder Gelenkschmerzen leiden, suchen verständlicherweise nach Antworten und Lösungen. Dies ist ein zutiefst menschliches Bedürfnis, dem die moderne evidenzbasierte Medizin empathisch und aufklärend begegnen muss.

Einige populäre Konzepte lassen sich aus wissenschaftlicher Sicht jedoch kritisch einordnen:

Kritische Betrachtung populärer Erklärungsansätze:

- **Der Begriff der Übersäuerung:** Häufig wird in der Alternativmedizin vermittelt, chronische Entzündungen entstünden durch eine allgemeine "Übersäuerung" des

Körpers, der mit strikten Diäten oder Basenpulvern begegnet werden müsse. Aus Sicht der humanen Physiologie ist der pH-Wert des Blutes jedoch durch verschiedene Puffersysteme (Atmung, Nieren) extrem streng und konstant reguliert. Eine echte Übersäuerung (Azidose) ist ein lebensbedrohlicher intensivmedizinischer Notfall und keine chronische Befindlichkeitsstörung. Eine gemüsereiche Ernährung ist zweifellos sehr gesund, jedoch weniger wegen ihres pH-Wertes, sondern vielmehr aufgrund der enthaltenen Mikronährstoffe und Ballaststoffe.

- **Unspezifische Tests auf Nahrungsmittelunverträglichkeiten:** Gelegentlich werden Tests angeboten (wie die Messung von IgG-Antikörpern), um versteckte Entzündungsquellen in der Ernährung zu finden. Immunologisch betrachtet zeigt ein erhöhter IgG-Wert gegen bestimmte Nahrungsmittel in den allermeisten Fällen jedoch lediglich an, dass der Körper das Lebensmittel kennt und eine gesunde immunologische Toleranz aufgebaut hat. Ein solcher Wert belegt keine Allergie und auch keine chronische Entzündung. Radikale Auslassdiäten aufgrund solcher Ergebnisse können mitunter zu erheblichen Einschränkungen der Lebensqualität führen, ohne den gewünschten gesundheitlichen Nutzen zu erbringen.
- **"Detox" und Ausleitungsverfahren:** Die Idee, Entzündungsstoffe "ausleiten" zu müssen (etwa durch Fastenkuren, spezielle Säfte oder Nahrungsergänzungsmittel), ist sehr populär. Der menschliche Körper verfügt jedoch mit der Leber, den Nieren und dem Darm über hochgradig effiziente, körpereigene "Entgiftungssysteme", die rund um die Uhr arbeiten.
- **Zahnherde als Ursprung:** In einigen Strömungen wird vermutet, dass wurzelbehandelte Zähne dauerhafte Entzündungsherde bilden, die für verschiedenste körperliche Leiden verantwortlich sind. Obwohl tatsächliche Zahn- oder Kieferinfektionen selbstverständlich fachmännisch behandelt werden müssen, warnt die evidenzbasierte Zahnheilkunde davor, beschwerdefreie und gut versorgte Zähne pauschal zu entfernen.

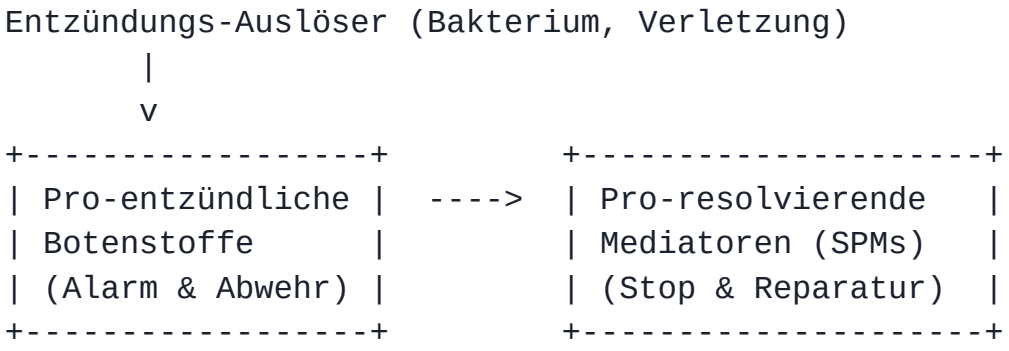
Es ist wichtig zu betonen, dass ein gesunder Lebensstil – basierend auf einer ausgewogenen Ernährung, regelmäßiger Bewegung und adäquatem Stressmanagement – der wirkungsvollste Ansatz ist, um das körpereigene Entzündungsniveau in Balance zu halten. Spezifische Erkrankungen bedürfen stets einer fundierten medizinischen Diagnostik und oft hochspezifischer Therapien.

6. Faszination Wissenschaft (Der Wow-Effekt)

Lange Zeit ging die Medizin davon aus, dass das Abklingen einer Entzündung ein rein passiver Vorgang sei. Man stellte sich vor, dass eine Entzündung irgendwann von selbst "ausbrennt", wenn der Reiz verschwindet – ähnlich einem Lagerfeuer, dem das Holz ausgeht. Man dachte, die Zytokine bauen sich langsam ab und die abwehrenden Zellen verabschieden sich schlicht.

Die Grundlagenforschung der letzten Jahre, insbesondere bahnbrechende Arbeiten von Forschern wie Charles N. Serhan (Harvard Medical School), hat unser Verständnis hier jedoch radikal verändert: Die Beendigung einer Entzündung (die sogenannte *Resolution*) ist kein passives Verblassen, sondern ein hochaktiver, penibel gesteuerter Prozess!

Das Gewebe schüttet am Höhepunkt der Entzündungsreaktion ganz gezielt Botenstoffe aus, die sogenannten **Specialized Pro-resolving Mediators (SPMs)**. Diese neu entdeckten Moleküle tragen bemerkenswerte Namen wie *Resolvine* (die Auflösenden), *Protectine* (die Schützenden) und *Maresine* (die Makrophagen-Modulatoren). Diese Stoffe wirken wie biochemische "Aus-Schalter". Sie stoppen das weitere Einwandern von Immunzellen und signalisieren den Fresszellen, die Überreste der Entzündung zügig und gewebeschonend zu beseitigen. Gleichzeitig initiieren sie aktiv die Gewebereparatur.



Ein weiterer faszinierender Durchbruch ist die Erforschung des **Entzündungsreflexes** durch den Neuroimmunologen Kevin Tracey. Er entdeckte, dass das Gehirn über den Vagusnerv – einen großen Hirnnerv – direkt und in Echtzeit mit dem Immunsystem kommuniziert. Über elektrische Signale kann das Gehirn die Produktion von Entzündungsstoffen im Körper wie mit einem Dimmer hoch- oder herunterregeln. Diese Erkenntnis bildet die Grundlage für das neue Feld der *Bioelektronischen Medizin*. Aktuell testen Forscher kleine Implantate, die den Vagusnerv sanft stimulieren, um dem Körper den Befehl zu geben, schwere chronische Entzündungen (wie bei Rheuma) zu reduzieren.

Diese Entdeckungen zeigen die unglaubliche Präzision unseres Körpers: Er verfügt nicht nur über die Mittel, ein starkes Abwehrfeuer zu entfachen, sondern besitzt auch hochspezifische, körpereigene "Löschmoleküle" und direkte neurologische Kabelverbindungen, um die Situation im perfekten Moment zu befrieden und Heilung zu ermöglichen.

Dieses Dokument ist ein offizieller Export von Gesundheitsmythen.de (COMUN e.V.). Alle Fakten und Quellenangaben sind auf der Website einsehbar.