

# Wie entsteht eine stille Entzündung?

Es gibt viele Ursachen, weshalb stille Entzündungen auftreten können. Aber wenn man ihre Auswirkungen erkennt, kann man bewusst dagegensteuern.

# Das Immunsystem: eine Armee, viele Gesichter

Unser Immunsystem ist unglaublich komplex und nicht leicht zu verstehen. Daher stelle ich erst einmal alle Teammitglieder mit ihren Funktionen vor.

**E**ntzündungen sind hilfreich und nützlich. Wenn wir uns in den Finger schneiden, sorgen die entzündlichen Prozesse und Signale dafür, dass wir nicht von fremden Bakterien überrannt und gefressen werden. So werden die Regenerations- und Reparationsprozesse des Körpers aktiviert. Ohne Entzündung keine Heilung und keine Verbesserung. Es konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass die Einnahme von antientzündlichen Stoffen wie Ibuprofen nach dem Sport zwar dafür sorgt, dass man weniger Muskelkater hat, aber dadurch, dass die proentzündliche Prostaglandin-E2-Antwort unterdrückt wird, kommt es zu signifikant weniger Muskelwachstum. In geringerem Umfang gilt dies auch für andere antientzündliche Substanzen und Antioxidantien wie Vitamin C. Seinen Post-Work-out-Eiweißshake sollte man tatsächlich pur und nicht mit Beeren oder Greens genießen, sonst torpediert man eventuell seinen eigenen Fortschritt.

Akute Entzündungen entwickeln sich sehr schnell, haben meist einen heftigen Verlauf

und verschwinden nach wenigen Tagen wieder. Subakute Entzündungen können unseren Körper auch mal ein paar Wochen beschäftigen, bevor sie schließlich abklingen. Verläuft eine Entzündung jedoch chronisch und stumm im Verborgenen, so wird sie zu einer massiven Bedrohung für den ganzen Körper. Nach Angaben der WHO, der Weltgesundheitsorganisation, ist die chronische stille Entzündung inzwischen die Todesursache Nummer 1 weltweit, da sich die meisten Zivilisationskrankheiten auf sie zurückführen lassen. Bevor wir aber dazu kommen, was eine stille Entzündung eigentlich ist und wo ihre Ursachen zu suchen sind, widmen wir uns erst mal den Akteuren in diesem Spiel: den Zellen und Botenstoffen des Immunsystems.

Täglich gibt es neue Erkenntnisse über das Immunsystem und seine Funktionen. In den letzten 50 Jahren hat es daher zahlreiche Paradigmenwechsel zu seiner Funktion gegeben. Auch wenn ich mich für dieses Buch an den neuesten Studien aus dem Jahre

2020 orientiert habe, kann es sein, dass sich, bis du diese Zeilen liest, bereits wieder ein paar Dinge geändert haben. Ich denke aber, die Grundbotschaft wird die Gleiche bleiben.

Darüber hinaus ist es mir wichtig, eine Brücke zwischen enorm komplexen Prozessen und einer möglichst guten Verständlichkeit zu finden. Ich werde daher einige Prozesse vereinfachen und Mitspieler, die für die chronische stille Entzündung weniger wichtig sind, weglassen.

Das Immunsystem befindet sich in unserem gesamten Körper. Manche Organe wie die Thymusdrüse und die Milz sind Organe des Immunsystems, andere sind ein großer Teil davon, wie zum Beispiel das Knochenmark und der Darm. Über das lymphatische System ist alles miteinander verbunden. Ziel des Immunsystems ist es, Eindringlinge (Pathogene) von außen zu finden und zu vernichten. Bakterien, mit denen wir in Symbiose leben, werden von unserem Kör-

per nicht als fremd angesehen und somit auch nicht angegriffen. Zumindest, wenn alles normal läuft.

Eine der großen Besonderheiten der Zellen des Immunsystems und aller immunologischen Reaktionen von Zellen ist, dass man sie nicht klar in die Bösen und die Guten einteilen kann. Fast alle Zellen und auch Botenstoffe können für den Körper gute Funktionen ausfüllen. Geraten sie jedoch aus dem Gleichgewicht, so kehren sich ihre hilfreichen Eigenschaften ins Gegenteil und können uns erheblich schaden.

Da es nicht ganz einfach ist, in diesem System durchzublicken, habe ich mir überlegt, wie man Bilder für diese »Welt« benutzen kann. Da fiel mir das Spiel ein, das meine Schwester so liebt: Live Action Role Playing. Ein- bis zweimal im Jahr finden hier sogenannte Großcons in Deutschland statt, an deren Ende Tausende von Menschen in zwei Gruppen aufgeteilt werden. So gehen sie dann aufeinander los, um möglichst den Sieg davonzutragen. Hierbei gibt es Späher, Rufer, Bogenschützen, Trolle, Elfen und Halblinge, Musikanten und Zauberer und nicht zuletzt die sogenannten Sprenggoblins. Letztere jagen sich mit einem Sprengstofffass selbst in die Luft, nur um möglichst viele Gegner mit sich in den Limbus (so was wie die Zwischenwelt zum Jenseits) zu reißen. Zur Orientierung dienen diverse Hilfen, dennoch gibt es auch mal Missverständnisse. Am Ende lässt sich aber meistens ein Sieger ermitteln. Da das Immunsystem mit seinen Unmengen an Funktionen, Zellklassen und Typen, verschiedenen Sprachen, Waffen und Subspezialisierungen, mich sehr an dieses Fantasy-Heer erinnert, werde ich im Folgenden ein etwas chaotisches Heer einer fantastischen Welt als Analogie nutzen.

## Die Teammitglieder

Das Immunsystem besteht aus einer angeborenen Abwehr und einer erworbenen. Sie sind zwar eng miteinander verwoben, doch ihre Aufgaben sind verschieden.

### Das Bollwerk – angeborenes Immunsystem

Die Antwort des angeborenen Systems erfolgt sofort, allerdings nicht besonders gezielt. Die meisten Zellen sind ortsgebundene Wächter, auch wenn es ihnen möglich ist, bei Bedarf in Gewebe einzuwandern.

**Basophile/Eosinophile/Neutrophile** Die ersten beiden Klassen sind vor allem an allergischen Reaktionen und an der Abwehr von Parasiten beteiligt. Die Neutrophilen hingegen sind die schnellsten Zellen des Immunsystems mit der brutalsten Abwehrstrategie. Was von ihnen als fremd erkannt wird, wird zerstört. Gleichzeitig schütten sie eine ganze Reihe von Faktoren aus, die den Entzündungsprozess einleiten. Diese Neutrophilen sind die Orks: schnell, gemein, stark, effektiv, aber nur mäßig schlau.

**Natürliche Killerzellen** Das sind die dummen starken Bergtrolle in der Mannschaft. Sie greifen alles an, was fremd oder ungewohnt aussieht. Dies können Bakterien, Viren oder auch Tumorzellen, unglücklicherweise aber auch zum Beispiel leicht veränderte körpereigene Zellen oder Spermazellen sein. Sie brauchen keinen Außenreiz, kein Signal und keine Anweisung, um dies zu tun. Dadurch sind sie allerdings auch etwas schwierig zu steuern.

**Monozyten/Makrophagen** Monozyten und Makrophagen sind im Prinzip das Gleiche.

Als Monozyten sind sie frei im Blut unterwegs, sobald sie sich jedoch in einem Gewebe niederlassen, entwickeln sie sich weiter zu den unbeweglichen, großen und etwas trägen Makrophagen. Bei den Makrophagen gibt es solche, die sauber und fair kämpfen, Angriffe abblocken und dann in ihre Ruheposition zurückkehren. Es gibt aber auch solche, die mal in den Berserkermodus verfallen und durch ihre Aggression Schwierigkeiten haben, Freund von Feind zu unterscheiden. Sie lassen sich nur schwer wieder beruhigen. Vor allem die Makrophagen haben daher eine große Rolle in der Entwicklung chronisch stiller Entzündungen. Nicht alle, aber einige der Monozyten machen einen Abstecher in den Thymus für eine gezieltere und spezifischere Ausbildung. Die Makrophagen sind die Waldtrolle der Armee. Deutlich klüger als ihre Bergverwandten, aber immer noch im mit Vorsicht zu genießen.

**Dendritische Zellen** Diese Fresszellen helfen den beweglichen und spezialisierten Truppen bei der Strategieentwicklung. Sie erkennen den Krankheitserreger, fressen ihn und präsentieren seine Strukturen nach außen. Diese Info kann dann von den Spezialisten, den T-Helferzellen, aufgenommen und an die B-Zellen weitergegeben werden. Diese Gruppe der Trolle der Ebenen ist wesentlich klüger und arbeitet gezielter als ihre Artgenossen.

**Mastzellen** Sie bewegen sich nicht im Blut, sondern sind an bestimmte Gewebe gebunden. Diese unbeweglichen Späher sind wehrlos, machen aber unglaublich viel Geschrei und zünden die Signalf Feuer an, wenn ein Gegner sie attackiert. Das bedeutet, sie schütten reichlich Histamin aus und können ihr Heimatgewebe mit der ausgelösten Ent-

zündungsreaktion erst mal lahmlegen. Sie sind vor allem in der Haut und Schleimhaut zu finden. Die Mastzellen sind die Signalzauberer in unserer Geschichte.

### Strategen, Spezialisten und Magier – erworbenes Immunsystem

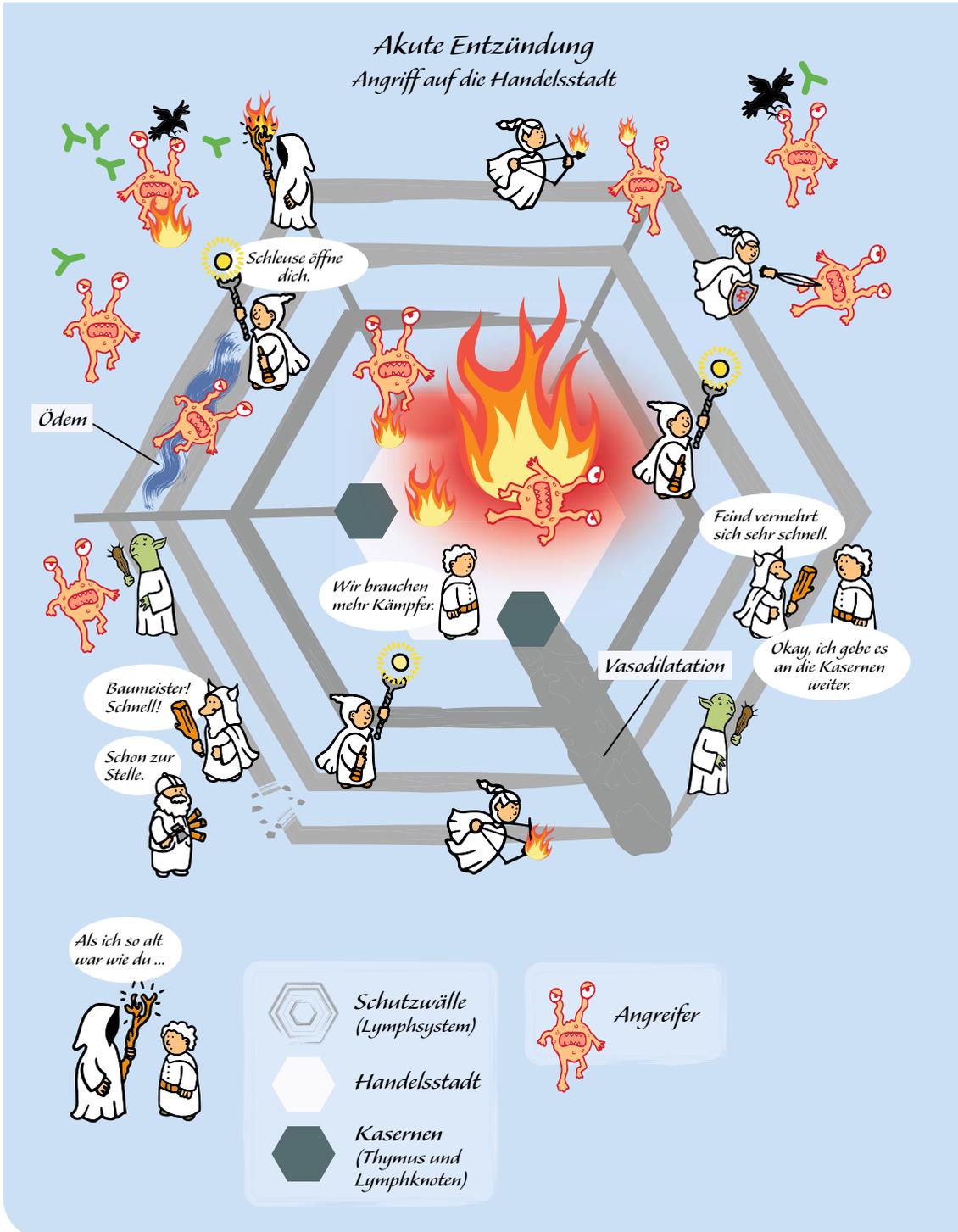
Seine Antwort erfolgt wesentlich gezielter und strategischer, es braucht aber etwas länger für den Aufbau.

**B-Lymphozyten** Bis es zum Angriff kommt, warten die B-Zellen in den Lymphknoten (Kasernen). Hier werden sie aktiviert, sobald ihr Einsatz nötig wird. B-Zellen produzieren zunächst ausschließlich IgM-Antikörper. Je nachdem, welche Infos sie von den T-Helferzellen bekommen haben, passen sie ihre Strategie zunehmend an, bis diese genau zum vorhandenen Gegner passt. Docken die IgM-Antikörper an, so registriert das die B-Zelle und beginnt nun mit der Expression von IgG-Antikörper. Sie ist zu einer reifen Plasmazelle geworden. Einige B-Zellen werden nach Ende der Schlacht zu Gedächtniszellen und tragen die strategischen Infos weiter, bis sie eventuell wieder gebraucht werden. Sie sind damit der entscheidende Faktor für Immunität. Aktivierte und reife B-Zellen werden im lymphatischen System durch den Körper transportiert. Es gibt zwei Sorten Plasmazellen. Die langlebigeren und die kurzlebigeren. Die mit der kurzen Lebensspanne wandern an die Orte im Gewebe, wo ein Entzündungsgeschehen herrscht, angelockt durch die Signalstoffe der anderen Immunzellen. Die langlebigeren Plasmazellen gehen zurück an den Ort ihres Ursprungs: ins Knochenmark. Von hier aus geben sie konstant die spezifischen Antikörper ins Blut ab. Diese verteilen sich im gesamten Körper, um die Feinde ins helle

Licht zu tauchen und damit für die Fresszellen sichtbar zu machen. Die B-Lymphozyten sind die Kampfmagier. Ihre Such- und Zerstörungsauber sind präzise und tödlich.

**T-Lymphozyten** Sie sind für fast alles zu gebrauchen: als Strategen (Helferzellen), tödliche Kämpfer (T-Killerzellen) und Schlichter (T-Regulatorzellen). So richtig zu Hause fühlen sich die T-Zellen aber in enger Zusammenarbeit mit den B-Lymphozyten. Unter den T-Zellen gibt es jene, die eher strategisch und beruhigend aus der Abwehr eingreifen und dafür sorgen, dass die Waldtrolle nicht völlig durchdrehen (regulatorische T-Zellen). Des Weiteren gibt es die Halblinge (T-Helferzellen), bei denen es Späher gibt (TH2-System) und solche, die die Kommunikation zwischen den Zellen organisieren (TH1-System). Gebildet werden die T-Zellen als T-Vorläuferzellen. Bevor man diese in den Kampf schicken kann, müssen sie erstmal ins Trainingslager im Thymus. Hier lernen sie alles darüber, wer Feind und wer Freund ist und welche Taktiken sinnvoll in welcher Situation anzuwenden sind. Außerdem wird ihre Spezialisierung ermittelt und sie werden Killer- (CD8-Zellen) oder Helferzellen (CD4-Zellen). Auch die T-Helferzellen werden, sobald sie ihre Ausbildung im Thymus hinter sich haben, im lymphatischen System zu ihren Einsatzorten gebracht. In unserer Geschichte sind die Killer- und Regulatorzellen die Elfen, die Helferzellen sind die Halblinge.

► Wer die Teammitglieder des Immunsystems noch besser kennenlernen möchte, kann in das Wimmelbild auf der nächsten Seite tiefer einsteigen und auf Entdeckungsreise gehen.



## Teammitglieder des Immunsystems



### Trolle (Makrophagen und dendritische Zellen)

- patrouillieren auf den äußeren Wällen
- haben einen sehr kleinen Patrouillen-Radius
- rufen nach den Baumeistern (Fibroblasten)
- geben Infos über den Feind an die Halblinge weiter



### Elfenbogenschützen und -krieger (T-Killerzellen)

- patrouillieren ständig auf den Wällen
- erhalten von den Halblingen Infos über den Feind
- kämpfen durchdacht und präzise
- setzen Feuerzauber ein



### Signalzauberer (Zytokine und Interleukine)

- sind auf dem zweiten Wall fest stationiert
- können selbst nicht gut kämpfen
- melden Probleme per Signal (Histamin und Serotonin)
- erweitern die Wege zu den Kasernen und den inneren Gebieten (Vasodilatation)
- öffnen die Schleusen des Burggrabens (Ödeme)



### Kampfmagier (B-Lymphozyten)

- markieren Feinde mit einem Suchzauber (Antikörper), der die magisch trainierten Krähen anlockt (Komplementsystem)
- setzen Feuerzauber ein
- manche Magier sind sehr alt (Gedächtniszellen) und erinnern sich an uralte Schlachten



### Orks (T-Lymphozyten)

- töten schnell und präzise
- sind leicht reizbar



### Baumeister (Fibroblasten)

- sind in ständiger Bewegung
- schließen Lücken im Wall (TNF-Alpha und Interleukin-1)



### Halblinge (Helferzellen)

- sind in ständiger Bewegung
- geben Infos über den Feind an die Kasernen weiter, wo weitere Kämpfer speziell für diesen Kampf ausgebildet werden

Wie in jedem guten Heer wird die Schlacht nur dann gewonnen, wenn alle eng zusammenarbeiten und viel kommunizieren. Dringt also ein Pathogen in den Körper ein, so erfolgt der erste Angriff über Zellen aus den Wächtertruppen. Sind diese erfolgreich, so erledigen sie den Angreifer und präsentieren dann unverwechselbare Teile auf ihrer Außenhülle. So wird ein wichtiges Erkennungsmerkmal des Gegners an die restlichen Truppen weitergegeben.

Anhand dieser präsentierten Struktur können die T-Lymphozyten nun strategisch genauer angreifen oder die Information über die T-Helferzellen an die B-Zellen weitergeben, welche dann präzise und absolut genau reagieren, indem sie spezifische Antikörper produzieren. Einige der B-Zellen merken sich Aussehen und Strategie des Gegners für einen langen Zeitraum, manchmal sogar für immer, sodass sie beim nächsten Angriff sofort reagieren können und den schnellen Sieg davontragen.

Die jeweils nächste Reihe kommt allerdings immer nur dann zum Einsatz, wenn Teile des gegnerischen Heers durchbrechen konnten.

### Ersatztruppen und Baumeister

Viele der Strukturzellen des Körpers sind in der Lage, selbst Entzündungsmediatoren auszuschütten und sich damit Hilfe zu holen. Einige, wie die Fibroblasten, werden zudem durch bestimmte Botenstoffe der Entzündung zum Einströmen angeregt, um mit Reparaturprozessen zu beginnen.

**Fibroblasten** Diese Zellen gehören zum Bindegewebe. Sie führen vor allem Reparaturen

durch, wenn es nicht gelingt, die ursprüngliche Struktur wiederherzustellen.

**Endotheliale Zellen** Sie umkleiden alle Gefäße. Inzwischen weiß man, dass ihre Reaktionen auf Entzündung der entscheidende Faktor für die Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind.

**Epitheliale Zellen** Dies sind die Zellen der Schleimhäute. Sowohl im Darm als auch sonst wo. Da sie sehr viel Kontakt zur Außenwelt haben, haben sie besonders viele Verteidigungsmechanismen und Möglichkeiten, nach Hilfe zu rufen. Zu ihnen gehört auch das IgA, ein Antikörpersystem, das nur für die Schleimhäute da ist. In ihrer unmittelbaren Nähe befinden sich meist größere Ansammlungen von Sturmtruppen in Wächterposition. Zudem können sie sich selbst verteidigen, indem sie reichlich Schleim produzieren, um den Gegner wegzuspülen. Etwas, das vom Besitzer der Zellen meist weniger geschätzt wird.

**Adipozyten** Entgegen dem, was man früher dachte, sind die Fettzellen, zu denen die Adipozyten zählen, mitnichten stille Energiespeicher. Sie spielen eine große Rolle bei der Generierung von Entzündungen, als auch dabei, diese am Leben zu erhalten. Fettzellen sind in der Lage, über 80 verschiedene Hormone und Botenstoffe zur Modulation des Immunsystems zu produzieren. Da sie sehr vulnerabel sind, fühlen sie sich schnell »belästigt« und geben dann Entzündungsstoffe ab. Mehr hierzu im Kapitel »Entzündungsfördernde Lebensstil-Faktoren« (Seite 72).

**Myozyten** Auch die Muskelzelle ist nicht nur ein stummer Arbeiter, sondern macht mit Signalstoffen auf Probleme, Überarbeitung und nötige Reparaturen auf sich aufmerk-

sam. Zudem regen bestimmte Signalstoffe den Körper zu einer erhöhten Energieausbeute und Produktion an. Die von ihnen produzierten Myokine haben ebenfalls einen großen Anteil an Balance und Wohlbefinden. Auch hierzu mehr im Kapitel »Entzündungsfördernde Lebensstil-Faktoren« (Seite 72).

### Das »magische« Arsenal

**Komplementsystem** Es komplettiert bzw. unterstützt unser Immunsystem. Entgegen dem, was man früher glaubte, gehört das Komplementsystem zum angeborenen Immunsystem und dient der direkten Abwehr von Mikroorganismen. Es besteht aus 30 verschiedenen Proteinen, die im Plasma unterwegs sind und zu einem kleineren Teil auch zellgebunden vorkommen. Sie werden überwiegend in der Leber produziert, in geringeren Mengen aber auch von Fibroblasten, Makrophagen und Lymphozyten. Man kann sich die Proteine des Komplementsystems ein bisschen wie die Leuchtfeuer-rakete des Körpers vorstellen. Finden sie einen »Feind«, so rufen sie Unmengen ihrer Freunde, die dann das Ziel komplett überziehen, um es so für die Fresszellen des Körpers sichtbar zu machen. Gleichzeitig schütten sie Lockstoffe aus, die das Ziel als besonders »lecker« erscheinen lassen. Dieser Prozess des Findens, Andockens und Markierens läuft in einer bestimmten Reihenfolge ab. Es gibt hierbei den klassischen Weg und einen alternativen Weg.

Der als klassischer Weg bezeichnete Vorgang führt zu einem Andocken an einen Antigen-Antikörper-Komplex von IgM oder IgG. Besonders relevant ist dieser Weg, der Mannose-bindendes Lektin benötigt, bei bestimmten Bakterien und Candida-Hefen. Es gibt Gendefekte, die dazu führen, dass kaum

Mannose-bindendes Lektin gebildet wird, wodurch dieser Weg stark beeinträchtigt wird.

Beim alternativen Weg finden das Andocken und die Zerstörung der Feindzelle unabhängig von Antikörpern statt. Der Auslöser sind hier bakterielle Endotoxine. Dieser Weg ist zum Beispiel für die Jarisch-Herxheimer-Reaktion verantwortlich, wenn durch das massenhafte Absterben pathologischer Keime im Darm unter einer (antibiotischen, phytotherapeutischen oder ernährungsmedizinischen) Behandlung große Mengen bakterieller Endotoxine frei werden. Jedoch besonders aktiviert wird dieser Weg nämlich durch die Lipopolysaccharide gramnegativer Bakterien, wie zum Beispiel Escherichia Coli und den Zellwandbestandteilen von Hefepilzen. Da man zunächst dachte, dass das Komplementsystem zum erworbenen Immunsystem gehört, wurde die Reaktion auf den Antikörper-Antigen-Komplex als klassische Reaktion benannt. Inzwischen weiß man, dass das Komplementsystem zum angeborenen Immunsystem gehört und daher der alternative Weg eigentlich der klassische ist.

Warum ist das wichtig? Wenn ich eine Verminderung von Entzündungsprozessen erreichen will, muss ich herausfinden, an welcher Stelle das Immunsystem überaktiv ist, um dies regulieren zu können. Für das erworbene und das angeborene Immunsystem gibt es hier unterschiedliche Maßnahmen.

Unabhängig vom Anlocken der Fresszellen können die Proteine des Komplementsystems auch selbst einen Angriffskomplex bilden, der Löcher in die Membran der Zielzelle macht und schließlich zu ihrer Zerstörung führt.