

## Einleitung

Damit der Mensch – wie allgemein lebende Organismen – existieren kann, muss in ihm eine Menge passieren. Dazu gehört auch, dass eine Vielzahl von biochemischen und biophysikalischen Kenngrößen konstant gehalten wird – angefangen bei der Körpertemperatur und dem Blutzuckerspiegel über den pH-Wert, die Calcium-Konzentration sowie die Konzentration zahlreicher anderer Ionen und Moleküle innerhalb und außerhalb der Zellen bis hin zu vielen weiteren Parametern.

Um dieses als Homöostase bezeichnete Gleichgewicht beizubehalten, müssen die biochemischen Reaktionen, die in unserem Körper stattfinden, streng kontrolliert und durch Regelmechanismen gesteuert werden, um plötzliche Ausreißer weitestgehend zu vermeiden.

Die Rolle, die die Enzyme hierbei spielen, wurde bereits beschrieben (siehe Teil A, Kapitel 2.3); aber auch die Enzyme selbst werden kontrolliert: von Hormonen und anderen Botenstoffen wie beispielsweise Zytokinen (zuckerhaltigen Proteinen, die eine regulierende Funktion auf das Wachstum und die Differenzierung von Körperzellen haben). Diese „Kontrolleure“ reagieren von sich aus sowohl auf die internen Bedingungen im Körper als auch auf solche Gegebenheiten, die von außerhalb stammen.

Insgesamt ergibt sich somit ein sehr fein abgestimmtes System mit vielen Rückkopplungsschleifen, das dazu dient, das lebensnotwendige Gleichgewicht in unserem Organismus zu gewährleisten.

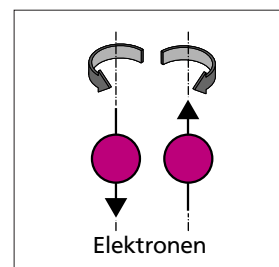
### 3.1. Freie Radikale, ROS und RNS

Doch so ausgeklügelt dieser Regelmechanismus auch ist, so gibt es doch Moleküle und Molekülbruchstücke, die sich ihm entziehen. Sie sind derartig aggressiv (das heißt: extrem reaktionsfreudig, weit mehr als normal, sodass man schon von reaktionsgierig sprechen kann), dass sie ihren eigenen Weg gehen und sich schlecht oder überhaupt nicht enzymatisch steuern lassen. Um diese Moleküle und Molekülbruchstücke in Schach zu halten, haben die Regelmechanismen unseres Organismus ganz schön zu kämpfen; und manchmal gelingt es ihnen auch nur ungenügend.

Diese „Aggressoren“ werden grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilt: in die Gruppe der freien Radikale und in die Gruppe der stark reaktiven Moleküle mit gepaarten Elektronen.

**Infobox****Paarbindungen**

*Elektronen drehen sich um ihre eigene Achse. Diese Eigenschaft haben sie mit anderen elementaren Teilchen, wie Protonen und Neutronen, und auch mit kosmischen Objekten wie der Erde, der Sonne und den Sternen gemeinsam. Nach physikalischen Gesetzen ergibt sich eine energetisch günstigere Konstellation, wenn zwei Elektronen ein Paar bilden, wobei ihre Drehrichtung (auch Spin genannt) gerade entgegengesetzt ist.*



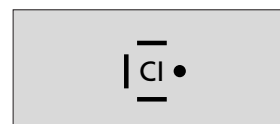
**Abb. A 3.01**  
Zwei Elektronen mit entgegengesetzter Drehrichtung

### 3.1.1. Freie Radikale

Der Begriff freie Radikale bezeichnet Atome, Moleküle und Molekülbruchstücke, die mindestens ein ungepaartes Elektron besitzen. Gepaarte Elektronen werden oft mit einem Strich dargestellt, ungepaarte mit einem Punkt. Das hier dargestellte Chloratom hat sieben Elektronen in der äußeren Elektronenschale (die der inneren Schalen werden nicht gezeigt). Sechs dieser Elektronen bilden Paare und sind daher als drei Striche dargestellt; das siebte Elektron kann sich nicht „paaren“ und ist als Punkt abgebildet.

Elektronen sind jedoch sehr stark bestrebt, als Paar aufzutreten. So ist beispielsweise die wichtigste Bindung in der ganzen organischen Chemie, die kovalente Bindung (Atombindung oder auch Elektronenpaarbindung; siehe Teil A, Kapitel 8), eine direkte Folge dieser Paarungsneigung. Entsprechend sind die so genannten „freien Radikale“ aufgrund ihres ungepaarten Elektrons extrem aggressiv. Um selbst einen kompletten Satz mit gepaarten Elektronen zu erlangen, setzen sie nahezu alles daran, anderen Molekülen ein Elektron zu entreißen. Die Moleküle, denen daraufhin ein Elektron fehlt, sind dadurch so in ihren Eigenschaften verändert, dass sie ihre Aufgaben nicht mehr richtig erfüllen können. Schlimmer noch: Sie werden zunächst selbst zum freien Radikal, da sie ja nun in die „untragbare“ Situation versetzt wurden, ein ungepaartes Elektron zu besitzen. Folglich versuchen sie nun, einem anderen Molekül ein Elektron zu entreißen, was zu einer ganzen Kette von Freie-Radikale-Reaktionen führen kann, bei der alle beteiligten Moleküle gestört werden. Der Teufelskreis hat erst ein Ende, wenn das benötigte Elektron endgültig durch einen spezialisierten Elektronendonator (Elektronenspender) zur Verfügung gestellt wird.

Die Ursachen der Entstehung freier Radikale sind vielfältig: beispielsweise ionisierende Strahlung (harte UV-Strahlung oder Röntgenstrahlung), Umweltgifte oder Zigarettenrauch. Aber nicht nur externe Faktoren sind dafür verantwortlich, dass freie Radikale entstehen. Im Körper selbst entstehen sie bei der Sauerstoffverwertung in den Mitochondrien (siehe Teil A, Kapitel 2.2.5): Im Komplex IV der Atmungskette werden Elektro-



**Abb. A 3.02**  
Darstellung der sieben Elektronen in der äußeren Elektronenschale eines Chloratoms. Elektronenpaare werden durch Striche dargestellt, einzelne Elektronen durch Punkte.