

## Das Mikrobiom als intestinales Ökosystem

Alle Oberflächen des Menschen sind mit Bakterien besiedelt – sowohl die Haut als auch die Schleimhäute in Nase, Mund, im Verdauungs- und Genitaltrakt. Die höchste Dichte an Bakterien beherbergt der Dickdarm. Sie lassen sich in wenige große Stämme gliedern, Phyla genannt, die wiederum aus circa 600 verschiedenen Bakterienspezies bestehen. Deren Zusammensetzung variiert zwar individuell, unter anderem je nach Art der Ernährung, dennoch erfüllen alle Bakterien des Mikrobioms ähnliche Funktionen. Ihr Genom übersteigt die Zahl der menschlichen Gene um das 300-fache und komplettiert das humane Genom.

Darm und Mikrobiom sind aufs Engste miteinander verflochten und bilden im Zusammenspiel das intestinale Ökosystem. Es ist ein sehr komplexes System, das sich auf beiden Seiten weiter differenziert und fein verästelt. Interaktionen finden sowohl zwischen den einzelnen Bakterienspezies als auch zwischen Bakterien und Wirt statt. Von Kooperation über Competition, Parasitismus und Immunantworten kommen ausgeklügelte Strategien zum Einsatz.

Viele Bakterien kompetitieren untereinander, um ihre Stellung zu behaupten. Dazu produzieren sie Bakteriozine, die andere Bakterien abtöten. Ein Beispiel ist der kariesauslösende Keim *Streptococcus mutans* in der Mundhöhle: Er schafft sich eine Nische, indem er Milchsäure bildet, die auf die meisten anderen Bakterien toxisch wirkt. Nur eine Spezies dreht den Spieß um: *Streptococcus oligofermentans* kann aus Milchsäure Wasserstoffperoxid bilden – eine Substanz, die wiederum toxisch auf *Streptococcus mutans* wirkt und ihn abtötet. Vom Ausgang des bakteriellen Kampfes hängt die Kariesanfälligkeit des Wirtes ab. Gewinnt *Streptococcus oligofermentans*, schützt dies vor Karies.

In anderen Fällen haben sich im Lauf der Evolution Kooperationen bewährt: Zum Beispiel stellt der Wirt den Bakterien Nährstoffe zur Verfügung; im Gegenzug helfen diese bei der Synthese von Vitamin K.

### Interaktion über mikrobielle Erkennungsmuster

Andere Interaktionen sind raffinierter: Manche Bakterien nutzen Produkte des Wirtes, um einen anderen Bakterienstamm zu reduzieren. So besitzt der Bakterienstamm *Clostridium scindens* ein Gen namens *bai operon*, das die Umwandlung von primären zu sekundären Gallensäuren ermöglicht. Sekundäre Gallensäuren wiederum hemmen das Wachstum von *Clostridium difficile*, einem gefürchteten Erreger von Antibiotika-assoziierten Durchfallerkrankungen. Auf diese Weise schützt *Clostridium scindens* vor Infektionen mit *Clostridium difficile*. Für Interaktionen im intestinalen Ökosystem sind möglicherweise gar keine intakten Bakterien notwendig. Studien belegen, dass bereits mikrobielle Erkennungsmuster ausreichen. So unterbrach die Gabe von bakteriellen Oberflächenstrukturen wie Lipopolysaccharid (LPS) bei Mäusen mit Colitis ulcerosa die Entzündung und stellte die Immunhomöostase wieder her: Die Tiere wurden wieder gesund (Buffie et al. Nature).