

Zum Glück sind wir alle Schleimer

Rotz in der Nase, Speichel im Mund, zähes Sekret im Magen: Überall im Körper geht es klebrig zu. Wäre es anders, könnte der Mensch weder riechen noch Kinder zeugen. Und ein Opfer von Keimen wäre er längst. *Von Ulrike Gebhardt*

Es waren kleine Mülltonnen, in denen eine grüne Masse schwabbelte: Als der Spielzeugglibber „Slime“ Mitte der siebziger Jahre in die Läden kam, griffen Kinder begeistert zu. Ein großer Spaß, damals wie heute, denn auf das „Iiuh“ entsetzter Mütter, die beim Sonntagskaffee damit überrascht werden, ist Verlass. Schleim wird nun mal als eklig empfunden. Sogar der eigene.

Zu Unrecht, findet Katharina Ribbeck, Biowissenschaftlerin am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge. Sie will das Sekret vom Image des Schmutzes befreien: „Schließlich bedeckt und schützt es alle feuchten Oberflächen unseres Körpers, das sind mehr als zweihundert Quadratmeter!“ Ohne Schleim, im Fachjargon Mucus genannt, läuft tatsächlich nichts. Weder Atmung noch Verdauung oder Fortpflanzung. Gerüche beispielsweise werden nur wahrgenommen, weil sich die Duftmoleküle im wässrigen Film der Nasenschleimhaut anreichern. Auch der sogenannte Fangschleim, der die Atemwege feucht hält, macht sich nützlich. In ihm bleiben Bakterien und Viren kleben, für deren Abtransport dann die Bewegung feiner Härchen auf den Wandzellen sorgt. „Das funktioniert allerdings nur, wenn der Schleim weich und geschmeidig ist“, sagt Katharina Ribbeck. Ist der Mucus zu fest, wie etwa bei Menschen mit der Krankheit Mukoviszidose, funktioniert diese natürliche Reinigung nicht mehr gut. Um die Atemwege von der Gallerte zu befreien, hilft dann nur häufiges Abklopfen und Abhusten.

Die Konsistenz ist also entscheidend. Schleim besteht zunächst einmal aus 90 bis 98 Prozent Wasser. Welche weiteren Zutaten ihm jeweils besondere Eigenschaften verleihen, ist noch nicht bis ins Letzte verstanden. Die einschlägige Forschung wird durch den Umstand erschwert, dass sich die Schleimschichten des Körpers kaum intakt entnehmen lassen. Natürlichen Mucus mit Hilfe von Zellkulturen im Labor nachzubilden ist bislang nicht möglich. Doch Ribbeck und ihr Team haben Ersatz gefunden: Alle zwei Monate werden den Forschern am MIT vierzig Schweinemägen geliefert, die sie auskratzen, um wenigstens die Schleimgrundsubstanz zu gewinnen, die aus Glykoproteinen, sogenannten Mucinen, besteht.

„Mucinmoleküle kann man sich wie lange Spaghettistangen vorstellen“, erklärt Ribbeck. Der Mensch besitzt etwa zwanzig verschiedene Mucine, die als Bausteine für lange, fädige Moleküle, die bei der Fertigstellung allesamt zusätzlich mit baumartigen Zuckerstrukturen versehen werden. Die Mucin-Stränge verbinden sich zu einem klebrigen Netz, das sehr elastisch ist. Es lagern sich Wassermoleküle ein, außerdem sind Zellen, DNA-Moleküle, Bakterien, Zellschrott und Abwehrmoleküle darin zu finden. Katharina Ribbeck interessiert sich für das genaue Schleimrezept, um zusammen mit Materialwissenschaftlern einen Ersatzstoff zu entwickeln. Dieser könnte helfen, wenn im Alter oder etwa nach einer Chemotherapie die Mucinproduktion nachlässt und die Patienten an verschiedenen Bereichen des Körpers unter Trockenheit leiden. Einsetzen könnte man diesen Kunstschleim wohl auch zur Beschichtung von Kontaktlinsen oder um die Wundheilung nach Operationen zu fördern.

Schleim hält die Körperoberflächen nicht nur feucht und schützt vor Reibungsverlusten, sondern bietet als mikrometerdicke Barriere zugleich Schutz. Rätselhaft dabei ist, warum der Mucus für einiges, was von draußen kommt, un-

überwindbar ist, während andere Substanzen, etwa Nährstoffe im Darm, problemlos die Schleimschicht durchdringen. Lange Zeit ging man davon aus, die Größe der Lücken im Mucinnetz würde den Ausschlag geben – je mehr Mucinmoleküle im Schleim stecken, desto mehr bleibt in ihm hängen. Inzwischen zeigen allerdings die Arbeiten verschiedener Forschungsgruppen, dass noch andere Faktoren beteiligt sein müssen. Nicht nur die Größe entscheidet, was den Schleim passieren darf, denn das können sogar vergleichsweise riesige Abwehrzellen oder Spermien sein. Deren Oberfläche ist offenbar derart gestaltet, dass sie über elektrische Anziehungskräfte oder kleine Ankermoleküle auf optimale Weise, also nicht zu fest und nicht zu locker, mit dem Schleimgerüst in Verbindung treten und hindurchschlüpfen können.

Regelrechte Schleuser sind auch manche Bakterien. Sie können sich beispielsweise mittels beweglicher Geißeln durchs klebrige Dickdick treiben. Oder sie schneiden sich mit molekularen Scheren den Weg frei. Einen üblen Trick nutzt der Krankheitserreger *Helicobacter pylori*, der in der dicken Schleimschicht haust, die den Magen vor-

seinen eigenen sauren Verdauungssäften schützen soll. Ein Helicobacter-Keim setzt Ammonium frei, was in seiner unmittelbaren Umgebung den Säuregrad erhöht und den Schleim somit durchlässiger macht.

Von großem Interesse ist, wie sich die im Darm lebende Bakteriengemeinschaft mit dem Schleim arrangiert. Dort herrschen angenehme konstante Temperaturen, und an Nährstoffen mangelt es nun wirklich nicht. Dass schnell wachsende Bakterienkulturen unter solchen Bedingungen ihren Wirt nicht völlig überrollen, sei eigentlich verwunderlich, sagt Gunnar Hansson, der an der Universität in Göteborg einen Lehrstuhl für medizinische Biochemie innehat und Mucine erforscht.

Doch zur Übernahme kommt es deshalb nicht, weil die besondere Schleimstruktur im Darm den Mikroorganismen zwar Wohnraum bietet, sie aber gleichzeitig auf Distanz hält. Dafür sorgen zwei verschiedene Schichten, wie Hanssons Team herausfand. Eine Lage schmiegt sich fest an die Darmzellen, darüber liegt dann eine lockere, wesentlich dickere. Während die innere Schicht komplett mikrobefrei ist, wimmelt es in der äußeren nur so von Mikro-

ben, die sich von Unverdaulichem, aber auch von den Zucker-Seitenketten der Mucinmoleküle ernähren. Beide Lagen bestehen zwar überwiegend aus dem Mucin MUC2, das kontinuierlich von spezialisierten Darmwandzellen nachgebildet wird. „Aber nach ungefähr einer Stunde Aufenthalt in der inneren Schicht geraten die Moleküle dann in den Grenzschichtbereich zur nächsten Schicht, werden dort durch Enzyme umgearbeitet und dehnen sich im Volumen stark aus“, erklärt Hansson. Wie wichtig diese permanente Bildung und Umgestaltung des MUC2 im Darm ist, belegen Laborversuche. Bei manipulierten Mäusen etwa, die das Molekül nicht bilden können, finden sich Bakterien direkt auf den Zellen der Darmwand, die sich dadurch stark entzündet.

„Bei den meisten Patienten, die an der entzündlichen Darmkrankheit Colitis Ulcerosa leiden, ist die innere Schleimschicht ebenfalls defekt, dadurch wird sie durchlässig für Bakterien“, sagt Hansson. Offenbar ist der Schutz in solchen Fällen nicht mehr effektiv. Gelänge es, das Mucinschutzwerk mit einer Therapie zu stärken, könnte die Barriere womöglich wiederaufgerichtet und die Entzündung eingedämmt werden.

Bevor solche neuartigen Behandlungswege tatsächlich besritten werden können, sind jedoch noch zahlreiche Details zu klären. Die Mucuszusammensetzung variiert je nach Gewebetyp, außerdem beeinflussen Hormone, bestimmte Faktoren des Immunsystems, sogar die Tageszeit oder die Produkte der Darmflora die Schleimproduktion des Körpers. Und die individuellen Erbinformationen sind ebenso von Belang wie die Verdauungsaktivität. Selbst manchen Ratten auf eine ballaststoffarme Diät, ist ihre Schleimschicht im Darm dünner als die von normal ernährten Artgenossen.

Welche entscheidende Rolle dem Schleim zukommt, verdeutlicht auch das Geschehen im weiblichen Genitaltrakt. Hier sind extreme Schwankungen in der Mucusproduktion üblich. Die Eigenschaften des Vaginalsekrets variieren so stark, dass manche Frauen anhand seiner Konsistenz ihre fruchtbaren Tage bestimmen können. Damit eine Schwangerschaft überhaupt zustande kommen kann, muss der Schleim im Gebärmutterhals zum Zeitpunkt des Eisprungs durchlässiger werden. Nur so verwandelt sich die Barriere in ein geeignetes Transportmedium für die Spermien, die in re-

gelrechten Schleimfurchen zur Eizelle geleitet werden.

Möglicherweise machen sich die Samenzellen dabei nicht immer allein auf die Suche. Die Ergebnisse mehrerer Forschungsgruppen weisen darauf hin, dass Viren, die durch Sexualkontakte übertragen werden, sich regelrecht an die Spermien anheften können. Wären Herpes- oder Papillomaviren nämlich auf sich allein gestellt, würden sie im zähen Mucus stecken bleiben. Um die sexuelle Übertragung solcher Erreger zu blockieren, könnte es daher hilfreich sein, zukünftig nicht nur auf das Virus und die von ihm befallenen Zellen zu schauen, sagt Katharina Ribbeck. Auch auf mögliche Geißeln müsste geachtet werden. Und es wäre ein interessanter Ansatz, das Andocken von bestimmten Viren an Spermien von vornherein zu verhindern.

Nach dem Zeugungsakt ist wieder eine andere Form des Schleims gefragt: Damit sich das heranwachsende Kind im mütterlichen Bauch nicht durch Eindringlinge infiziert, verändert sich der Mucus während der Schwangerschaft in charakteristischer Weise. Ein etwa zehn Gramm schwerer Pfropf davon verschließt den Gebärmutterhals. Der Gynäkologe Michael

Mikroben sind durchaus willkommen. Aber nicht alle. Deshalb dienen Schleimschichten als selektive Barriere.

Illustration Corbis

