

EVOLUTIONÄRE VERWANDLUNGSKÜNSTLER

Strukturen an der Grenze des Lebens: Viren gehören zu den erfolgreichsten Erfindungen der Evolution. Ihre Anpassungsfähigkeit macht sie für den Menschen gefährlich. Jüngstes Beispiel ist die Vogelgrippe. Von Felix Straumann

Richard Hoop hat den Überblick. Unter seiner Regie wurden in den vergangenen zwei Jahren rund tausend Wildvögel und dreihundert Hühnerherden auf Grippeviren untersucht. Die Bilanz: Nur gerade zwei Blässhühner waren mit einem ungefährlichen Grippevirus infiziert. Doch auch wenn das für die Schweiz erst mal Entwarnung bedeutet – die Situation könnte sich rasch ändern. Möglich, dass die in Asien grassierende Vogelgrippe sich auch bei uns ausbreitet.

Hoop, der Professor am Institut für Veterinär-bakteriologie der Universität Zürich ist, skizziert das Extremszenario: Auf einer Schweizer Geflügel-farm sterben innerhalb von 24 Stunden die Hälfte aller Hühner. Der besorgte Produzent meldet sich beim kantonalen Veterinäramt und wird aufgefordert, einige verendete Tiere für eine Untersuchung ins Zürcher Tierspital zu bringen. Der Verdacht auf Vogelgrippe bestätigt sich, die Farm wird unter Quarantäne gestellt: Wachposten und Absperrungen sorgen dafür, dass weder Menschen noch Tiere den Hof betreten oder verlassen. Auch der Produzent und seine Mitarbeiter müssen den Tieren möglichst fern bleiben und sich bei Grippe-symptomen einer antiviralen Behandlung unterziehen. Eine Übertragung von Mensch zu Mensch ist hingegen nicht zu befürchten.

Ein sehr punktuell Ereignis, das zudem laut Hoop ziemlich unwahrscheinlich ist. «Wir würden sehr schnell erfahren, wenn in einer Hühnerherde die Vogelgrippe eingeschleppt worden ist», ist der Veterinärmediziner überzeugt. Den Tod der Hälfte der Tiere einer Geflügel-farm könne und wolle hierzulande schliesslich kein Produzent verheimlichen. Dennoch gilt es wachsam zu bleiben. Deshalb hat das Bundesamt für Veterinärwesen am 24. September ein Zugvogel-Überwachungsprogramm gestartet. Die eigentliche Gefahr lauert aber in Asien.

Sie geht jedoch nicht direkt vom zur Zeit grassierenden Vogelgrippevirus aus. Um wirklich gefährlich zu sein, fehlt dem Erreger ein entscheidender Evolutionsschritt: Er muss von Mensch zu Mensch übertragbar werden. Erst dann hat er das Potenzial, eine weltweite Epidemie auszulösen. Nach Europa würde der neue Virus dann nicht mit Zugvögeln, sondern mit dem Flugzeug gelangen.

GROSSES VERNICHTUNGSPOTENZIAL

Der notwendige Evolutionsschritt käme zufällig zustande. Viren bilden sehr schnell und fortwährend neue Varianten, von denen sich einige – vom Virus aus gesehen «erfolgreiche» – Versionen durchsetzen. Evolution im Zeitraffer:

«Virenerkrankungen nehmen immer mehr zu, weil heute jeder Winkel auf dem Globus in kurzer Zeit erreichbar ist.» Urs Greber, Zellbiologe

Die enorme Geschwindigkeit der Anpassung macht die Viren zu den ganz grossen Gefahren für die Menschheit mit einem Vernichtungspotenzial, das weit über dem von Hurrikanen, Erdbeben oder Terroranschlägen liegt.

Vor allem das evolutionäre Grundprinzip der Variation beherrschen die Viren besonders gut: Zum einen lassen Erreger wie der Influenzavirus bei der Vermehrung der Erbinformation viele Kopierfehler zu, so dass bei jedem Vermehrungszyklus neue Varianten entstehen. Bei der Vogelgrippe gefährlicher für den Menschen ist jedoch die Kombination mit einem menschlichen Grippevirus. Dazu braucht es einen Wirt, der von beiden Viren infiziert ist – ein so genanntes «mixing vessel», zu Deutsch: Mischgefäss. Dieses könnte ein Mensch sein, der gleichzeitig am aktuellen Vogelgrippevirus und an einem menschlichen Grippevirus erkrankt ist. Für die

Funktion des «mixing vessel» besonders prädestiniert sind Schweine, da sich in ihnen Grippeviren von Vögeln und Menschen ähnlich gut vermehren können.

Die Mischgefahr ist nicht von der Hand zu weisen. Bereits vor einem Jahr, im September 2004, sprang der aktuell grassierende Vogelgrippevirus in Thailand erstmals von einem Menschen auf einen anderen über. Für Grippeexperten ein besorgniserregendes Ereignis. Glücklicherweise blieb diese Mensch-zu-Mensch-Übertragung bis jetzt ein Einzelfall. Doch selbst wenn es bei dieser einzelnen Übertragung bleiben sollte und die aktuelle Vogelgrippe ohne gravierende Folgen für die Menschheit vorbeiziehen sollte: Von den Viren sind noch viele unangenehme Überraschungen zu erwarten. «Virenerkrankungen nehmen immer mehr zu», sagt Professor Urs Greber, Zellbiologe am Zoologischen Institut der

Universität Zürich. Durch die technische Entwicklung sei heute jeder Winkel auf dem Globus in kurzer Zeit erreichbar. Neue Infektionen, die früher Menschen in abgelegenen Ortschaften dahingerafft hätten, könnten sich heute weltweit verbreiten. Ist er beunruhigt? «Ich will nicht schwarz malen. Die zukünftige Entwicklung vorauszusagen, ist schwierig», so der Zellbiologe.

ERFOLGREICHE ERFINDUNG DER EVOLUTION

Die Viren gehören zu den erfolgreichsten Erfindungen der Evolution. «Jede existierende Zelle auf der Welt ist wahrscheinlich mindestens einmal von einem Virus infiziert worden», sagt Greber. Zumindest wurde bislang noch keine Ausnahme entdeckt. Der Wissenschaftler macht diese vorsichtige Einschränkung, weil er weiss, dass nur ein Bruchteil aller Virenarten





bekannt ist. Viele Viren bleiben unerkannt, weil deren Infektionen keine sichtbaren Konsequenzen haben. Der Wirt hat sich mit ihnen arrangiert. Neue Viren werden deshalb oft bei Patienten entdeckt, die wegen Krebs oder Aids ein angeschlagenes Immunsystem haben. Der Körper wird plötzlich nicht mehr fertig mit Erregern, die eigentlich schon immer da waren. Es treten Krankheiten auf, die vorher noch niemand gesehen hat.

ZWISCHEN TOTOER UND LEBENDIGER MATERIE

Wahrscheinlich entwickelten sich Viren bereits, als die ersten Zellen die Erde zu besiedeln begannen. Selber gehören sie jedoch nicht zur lebendigen Materie. Dazu fehlen ihnen gewisse Fähigkeiten, die zum Leben gehören: Sie haben keinen eigenen Stoffwechsel und können sich nicht ohne fremde Hilfe vermehren. So bleibt der Vogelgrippevirus ausserhalb eines Wirts in der Regel nur während einer relativ kurzen Zeit infektiös. Wachsen oder gar vermehren kann er sich in dieser Zeit nicht. Trotzdem ordnet Greber die Viren zwischen toter und lebendiger Materie an. Sie haben eben auch Gemeinsamkeiten mit lebenden Zellen. So bestehen sie ebenfalls aus Proteinen, Lipiden, Nukleinsäuren und oft aus Zuckern. Ausserdem besitzen sie ein minimales Erbgut, gerade gross genug, um ihre Identität als Virus zu sichern. Mit der Erbinformation, die je nach Typ aus RNS oder DNS besteht, bringen die Viren ihre Wirte dazu, Kopien herzustellen und so ihr Weiterbestehen zu sichern.

Um Zellen ihren Willen aufzuzwingen, müssen Viren Tricks anwenden. Vom ersten Kontakt mit der Zelle bis zum Platzen der Zelle im Zellkern stehen zahlreiche Hürden im Weg. Zuerst gilt es für die Viren, das extrazelluläre Geflecht aus Proteinen und Zuckern, in das Zellen eingebettet sind, zu durchdringen. Anschliessend müssen sie die Zellmembran überwinden, durch das Zellinnere zum Zellkern vorstossen, an der Kernhülle auf den richtigen Zeitpunkt warten, die Gene freisetzen und an die richtige Stelle im Kern transportieren. Bei jedem dieser Schritte nutzen Viren Transportmechanismen der Zelle und Lücken in ihrer Abwehr aus. Wie genau, versucht Greber in viel Kleinarbeit zu entschlüsseln. «Wir wollen da-

durch nicht nur mehr über die Viren erfahren. Der ganze Hindernislauf erzählt uns auch viel über die natürlichen Funktionen und die Schutzmechanismen der Zellen selber.»

Doch woher kommen diese nicht ganz lebendigen Strukturen, die dem Leben das Leben schwer machen? Sicher weiss das niemand. «Da Viren sehr klein sind und nur aus organischem Material bestehen, gibt es keine fossilen Funde. Mit Hilfe von im Permafrost konservierten Leichen früherer Epidemien können wir bestimmte Viren bestenfalls 80 bis 100 Jahre zurückverfolgen», erklärt Greber. Ziemlich gesichert ist, dass Viren keine Vorstufe lebendiger Strukturen sind – auch wenn sie aufgrund ihrer Bauweise zwischen Leben und Materie stehen.

VIREN BENUTZEN KÖRPERZELLEN

Einfacher bedeutet hier nicht unbedingt ursprünglicher – eine Beobachtung, die sich in der Biologie schon oft bewahrt hat. Möglicherweise waren die Viren ursprünglich Zellen oder Zellteile, die einen Teil ihrer Fähigkeiten verloren haben. Denkbar ist auch, dass

Pockenvirus ausschliesslich Menschen infiziert und schnell diagnostiziert werden kann. Erkrankte Personen können dadurch rechtzeitig wirksam isoliert werden.

Bei der Grippe liegt die Sache etwas anders. Wie bei den meisten Viren, die uns gefährlich werden können, ist der Mensch nicht der einzige Wirt des Erregers. Dies erschwert die Bekämpfung beträchtlich. «Aus der Sicht des Virus macht das Sinn, denn er will sich möglichst weit verbreiten, dabei aber seinen Wirt möglichst wenig schädigen, um sich die Lebensgrundlage nicht zu entziehen», sagt Greber. Tödliche Epidemien sind deshalb eigentlich nicht im Sinne des Urhebers. Krankheiten wie Grippe, Sars, Ebola oder Aids sind alle auf den Menschen übergesprungen – von Tieren, die im Gegensatz zum Menschen ganz gut mit dem Erreger zu leben gelernt haben.

MASSENSTERBEN VON WASSERVÖGELN

Auch bei der Vogelgrippe sind die ursprünglichen Wirte weder Menschen noch Hühner, sondern Wasservögel. Diese haben keinerlei Symptome, wenn sie den Virus in sich tragen.

Die enorme Geschwindigkeit der Anpassung macht die Viren zu den ganz grossen Gefahren für die Menschheit.

diese Strukturen entstanden sind, um genetische Elemente effizient zwischen Zellen zu transportieren. Dies hätte den Lauf der Evolution zellulärer Organismen beträchtlich beeinflusst. «Einsichten, wie sich Viren entwickelt haben, liefert vor allem die Gegenwart», erklärt Greber.

Die Untersuchung des Vogelgrippe-Virus hilft aber nicht nur, dessen Evolution zu verstehen. Sie ermöglichen vor allem auch, wirksame Strategien für die Bekämpfung neuer Infektionskrankheiten zu entwickeln. Weil Viren Körperzellen für ihre Vermehrung benutzen und sich sehr schnell verändern, existieren zur Zeit nur wenige antivirale Medikamente. Das wirksamste Gegenmittel sind Impfungen. Bei der Pockenimpfung zum Beispiel hat dies zur Ausrottung des Erregers geführt. Dieser Erfolg war möglich, weil der

Berichte von Massensterben von Wasservögeln in Asien werfen beim Veterinärmediziner Hoop deshalb Fragen auf: «Dies ist nicht typisch.» Denkbar ist, dass die verendeten Wasservögel den Virus in sich getragen haben, aber an etwas anderem gestorben sind. Hoop könnte sich eine Vergiftung oder fehlende Nahrungsgrundlage als Todesursache vorstellen. Möglich ist aber auch, dass die Evolution den Vogelgrippevirus in eine unerwartete Richtung verändert hat und der Erreger nun für seinen ursprünglichen Wirt, die Wasservögel, tödlich ist. Die Wege der Evolution sind unergründlich.

KONTAKT Prof. Richard Hoop, rhoop@vetbakt.unizh.ch, Prof. Urs Greber, ufgreber@zool.unizh.ch