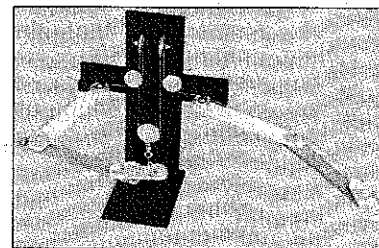
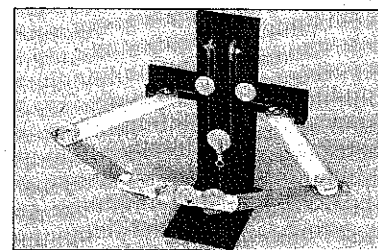
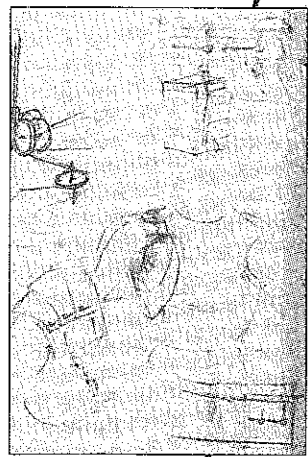
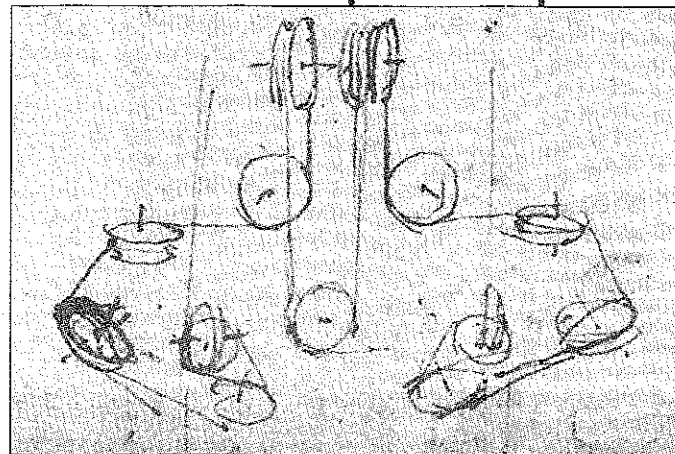


Wie Leonardos Roboter laufen lernen

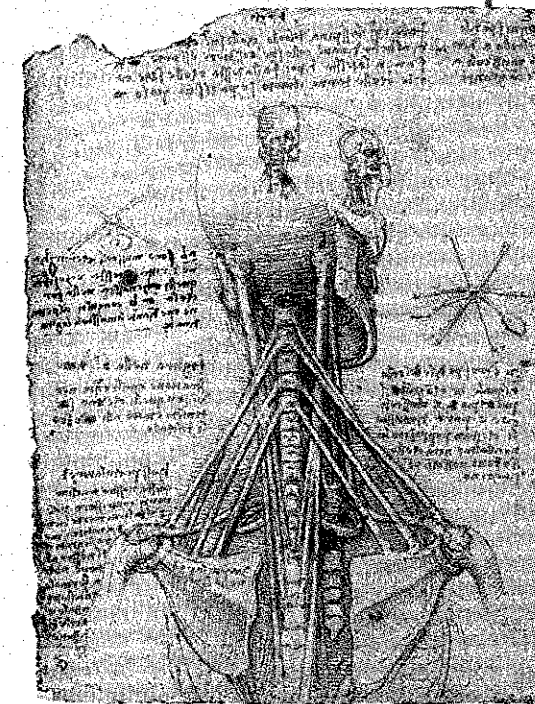
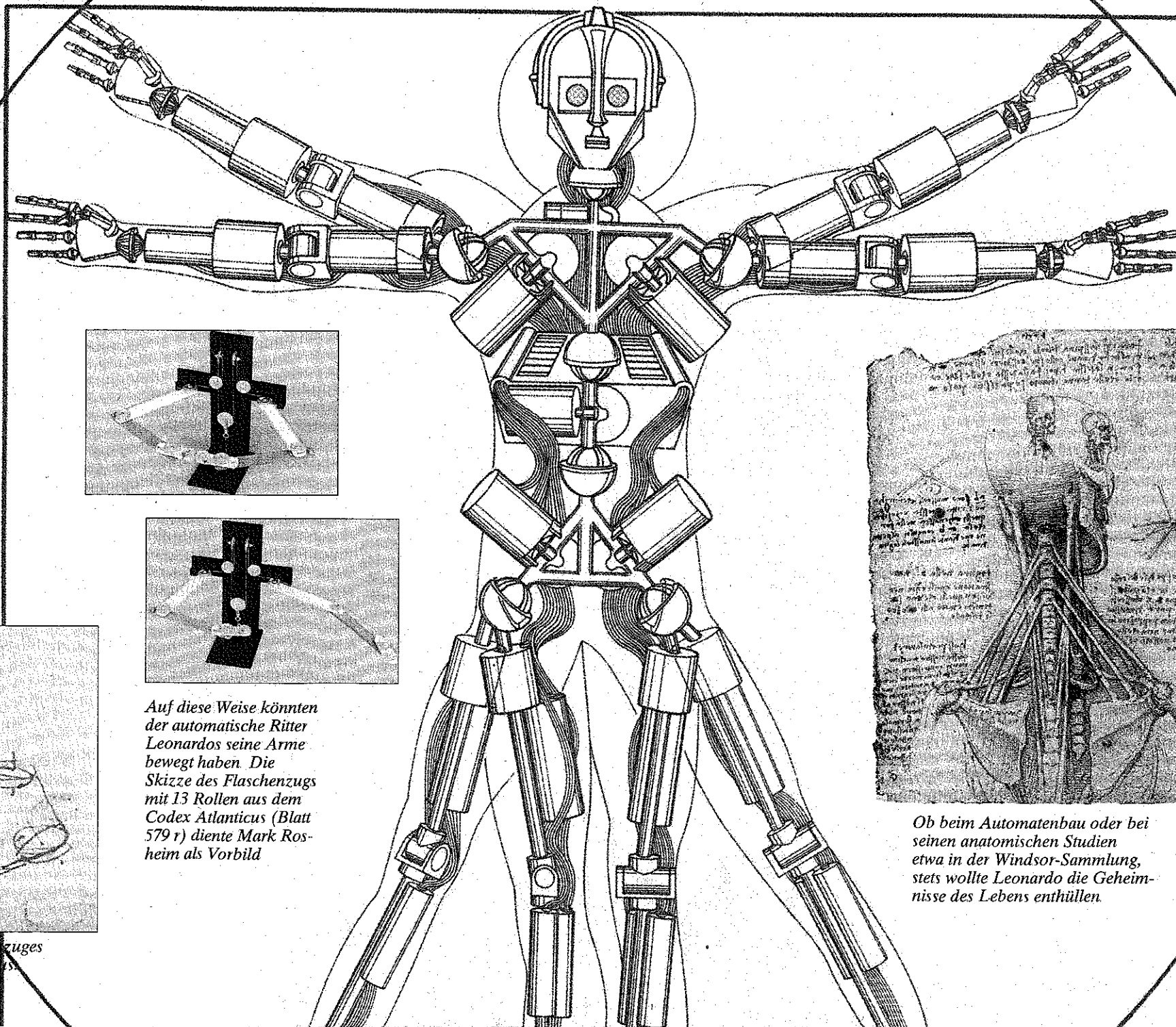
Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) war als Künstler und Ingenieur seinen Zeitgenossen stets weit voraus. Auch was die Konstruktion von mechanischen Automaten betraf, war das Genie ein Wegbereiter in die Neuzeit. Ein amerikanischer Tüftler hat jetzt Leonardos Roboter-Entwürfe zum Leben erweckt.



Auf diese Weise könnten der automatische Ritter Leonardos seine Arme bewegt haben. Die Skizze des Flaschenzugs mit 13 Rollen aus dem Codex Atlanticus (Blatt 579 r) diente Mark Rosheim als Vorbild



Die Skizzen einer Ritterrüstung und eines Flaschenzuges findet man auf dem Blatt 579 r des Codex Atlanticus



Ob beim Automatenbau oder bei seinen anatomischen Studien etwa in der Windsor-Sammlung, stets wollte Leonardo die Geheimnisse des Lebens enthüllen

Klonfleischklopse

Zwischen den Jahren hat die amerikanische Lebensmittel- und Arzneibehörde FDA ein wenig überraschendes und dennoch bemerkenswertes Dokument veröffentlicht, in dem sie die Zulassung von Lebensmitteln aus geklontem Vieh für „ebenso sicher“ hält wie dasjenige herkömmlich gezeugter Rinder, Ziegen oder Schweine. Bemerkenswert ist es, weil die Vereinigten Staaten damit das erste Land sein werden – sofern die neunzigstägige Kommentierungsfrist zu dem Entwurf keine gravierenden Änderungen erzwingt –, in dem Fleisch und Milch von Klonvieh künftig neben klassischen Lebensmitteln in den Auslagen liegen dürften. Durchaus zu bemerken und vielleicht auch nur mit dem üblichen Trägheitsmoment um den Jahreswechsel herum zu erklären ist, wie ruhig es um diese Klonankündigung in den ersten Tagen nach der Bekanntgabe geblieben ist. Umso mehr, als die Nachricht in Europa allgemein und in Deutschland im Speziellen offenbar auf ein gesetzgeberisches Vakuum stößt. Auf Klonvieh hat man sich nicht eingestellt, auch wenn man sich in Amerika schon bald nach der Geburt des Klonschafes „Dolly“ und der ersten Kälber mit solchen Verbraucherfragen zu beschäftigen begann. Es gab ein fünfjähriges Moratorium, das man auch außerhalb Amerikas ergebnis- und ereignislos verstreichen ließ. Aber bedarf es überhaupt solcher Ereignisse, öffentlicher Diskussionen oder parlamentarischer Anträge und Debatten? Wer die jetzt vorgelegte Risikoanalyse der FDA studiert, kann eigentlich nur zu dem Schluss kommen, dass die erstaunliche Enthaltsamkeit der ja nach wie vor nicht debattiermüden biopolitischen Kräfte von einer Abgeklärtheit zeugt, wie man sie jedenfalls beim Thema Klonen nicht erwarten durfte. Das Klonen als sicheres und sinnvolles, wenn auch für die Nutztierherstellung noch immer zu aufwendiges Fortpflanzungsverfahren, so erscheint es in dem offiziellen Papier. Nichts anderes sei dies als die Fortsetzung „der vegetativen Vermehrung“ von Bananen, Äpfeln und Kartoffeln und deshalb auch keine neue Agrartechnik. Hier sieht man: Die Bioethiker hatten noch nicht das Wort.

jom

Fünfhundert Jahre lang haben sie ihr Geheimnis bewahren können – Leonardos künstlicher Ritter, der, einem Hampelmann gleich, Arme und Beine sowie Kopf und Mund bewegen konnte, und sein vollautomatischer dreirädriger Wagen, der wie von Geisterhand gesteuert zu fahren schien. Viele Da-Vinci-Forscher sind in der Vergangenheit gescheitert, als sie funktionsfähige Modelle der Automaten bauen wollten. Der Umstand, dass Skizzen der Entwürfe zwar erhalten, die vollständigen Ausarbeitungen aber verschollen sind, hat die Rekonstruktionsversuche erschwert. So schien es lange Zeit, dass sich die mechanischen Automaten in die Liste von Leonardos grandiosen, aber nicht funktionsfähigen und daher „unmöglichen“ Maschinen einreihen würden. Für Mark Rosheim, einen Roboterexperten der Nasa, schien sich das Vorurteil zunächst auch zu bestätigen. Bei genauerem Studium des vorhandenen Materials und mit dem Wissen von Kunsthistorikern begann er aber allmählich zu ahnen, wie Leonardos Maschinen funktioniert haben könnten. In seinem Buch „Leonardo's Lost Robots“ (2006 erschienen bei Springer) präsentiert Rosheim die Ergebnisse seiner jahrelangen umfangreichen Recherchen.

In den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts entdeckte der italienische Kunsthistoriker Carlo Pedretti in der tausend Seiten umfassenden Manuskriptsammlung, dem Codex Atlanticus, der die bekanntesten Werke Leonardos enthält, Skizzen von zahlreichen Seil- und Flaschenzügen sowie Abbildungen von Hel-

men und Ritterrüstungen. Pedretti war davon überzeugt, dass die Zeichnungen zu jenem Ritterautomaten gehörten, den Leonardo da Vinci in Mailand zwischen 1494 und 1498 für die Fürstenfamilie der Sforzas zur Belustigung am Hofe entworfen haben soll. Wie die im Codex Atlanticus entdeckten Komponenten als Antrieb für Arme und Beine arbeiteten, konnte Pedretti jedoch nicht ergründen. Aus historischen Quellen war bekannt, wie der Ritter sich ursprünglich bewegt haben soll. Als Mark Rosheim Ende der neunziger Jahre für das Museum für Wissenschaftsgeschichte in Florenz ein Computermodell des Ritters anfertigte und dann 2002 im Auftrag der BBC einen Prototyp baute, der winken konnte, bekam er eine Vorstellung von der Funktionsweise des Ritters. Die Lösung hatte ihm unter anderem das Blatt 579 r des Codex Atlanticus geliefert, das ein kompliziertes Flaschenzugsystem mit dreizehn Rollen zeigt. Wie Rosheim anhand seiner jüngsten Rekonstruktionen zeigen konnte,

ließen sich damit unter anderem die Schultern, Ellenbogen und die Handgelenke des Ritters bewegen. Die Arme konnten dabei in gleiche Richtung oder entgegengesetzt geschwenkt werden. Dank der zentralen Zugvorrichtung des Flaschenzugsystems, die eine Rolle nach oben und unten bewegte, war es sogar möglich, das Visier des Ritters zu öffnen und zu schließen.

Nach der Arbeit für die BBC widmete sich Rosheim intensiv dem dreirädrigen Fahrzeug, das Leonardo etwa um 1478 entworfen hatte. Das Automobil war wohl etwa 50 mal 50 Zentimeter groß gewesen und konnte dank eines ausgeklügelten Systems aus Federn, ineinandergreifenden Zahnrädern, Seilzügen und Zahnstangen ohne Antriebskraft eine vorher vom Konstrukteur festgelegte Bewegungsrichtung ausführen. Auf Grundlage von Leonardos Entwürfen, die im Codex Atlanticus auf dem Blatt 812 r festgehalten sind, hatte man immer wieder versucht, eine fahrtüchtige Version des Wagens zu bauen – vergeb-

lich. Irrtümlich hatte man geglaubt, dass die wie eine Armbrust gebogenen Federn des Wagens für den Antrieb verantwortlich sind. Sie dienten aber in Wirklichkeit als Steuerung, wie Pedretti 1975 richtig vermutete. Anonyme Skizzen aus dem 16. Jahrhundert, die man in den Archiven der Uffizien in Florenz gefunden hatte und die starke Ähnlichkeit mit den Zeichnungen Leonardos im Codex Atlanticus aufwiesen, brachten ihn auf den richtigen Weg. Er glaubte, dass die Antriebskraft von zwei Sprungfedern kam, die sich in einem trommelförmigen Behälter unterhalb eines Zahnrades befinden sollten. Auf den Skizzen hatte Leonardo die Behälter schwach angedeutet. Zahlreiche Studien von Leonardo über die Funktionsweise von Sprungfedern als Antrieb hatte man zudem in der 1967 wieder gefundenen Madrid-Manuskriptsammlung (MSI, Blatt 85r) entdeckt.

Ende der neunziger Jahre konnte Mark Rosheim schließlich die Vermutung Pedrettis mit Hilfe von Computermodellen bestä-

tigen. Das Ergebnis war das erste fahrtüchtige Holzmodell von Leonardos Wagen. In dem ausgeklügelten mechanischen System griffen alle Elemente wie bei einem Uhrwerk auf komplizierte Weise ineinander. Werden die Sprungfedern in der Trommel mit der Hand gespannt, setzt sich der Wagen in Bewegung – ähnlich wie ein Spielzeugauto, das man aufziehen muss, bevor es losfährt. Zum Transport von Menschen war das Gefährt wohl nie gedacht gewesen. Dazu war es viel zu langsam. Eher schon für ein Spektakel, glaubt Rosheim, der inzwischen eigene Modelle gebaut hat. Möglicherweise saß jener legendäre Löwe, den Leonardo 1515 zur Thronbesteigung des französischen Königs Franz I. entworfen hatte, auf dem Wagen. Das künstliche Raubtier soll bei den Feierlichkeiten in Lyon vor die staunenden Gäste gefahren sein und sich aufgerichtet haben. Dann seien aus der Löwenbrust Tausende von Lilien vor die Füße des frisch gekürten Königs gefallen. MANFRED LINDINGER

Gendefekt als Auslöser für Darmentzündung?

Ein Gen, das möglicherweise entscheidend an der Ausbildung der chronischen Entzündung des Magen-Darm-Traktes, dem sogenannten Morbus Crohn, beteiligt ist, haben deutsche und britische Wissenschaftler unter der Leitung des Mediziners und Molekularbiologen Jochen Hampe von der Universität Kiel ausfindig gemacht. Bei mehr als siebenhundert Menschen mit der Krankheit wurde das Genom auf verdächtige Genvarianten – insgesamt mehr als siebentausend – hin untersucht, die als mögliche Auslöser infrage

Weitere Berichte aus Natur und Wissenschaft im Feuilleton

Seite 30

kommen. Wie die Forscher in der Online-Ausgabe der Zeitschrift „Nature Genetics“ berichten, handelt es sich um eine Mutation in der als ATG16L1 bekannten Erbanlage. Von ihr weiß man, dass das entsprechende Genprodukt beim „Verdauen“ schädlicher Bakterien in der Darmschleimhaut benötigt wird. Damit erhält auch die These neuen Auftrieb, wonach es sich bei Morbus Crohn, an dem in Deutschland dreißig- bis vierzigtausend Menschen leiden, um eine Schwächung der zellulären Immunantwort gegen schädliche Stoffe und Bakterien in der Darmflora handelt. F.A.Z.

Aus dem Inhalt

Studienmuffel am Skalpell

In der klinischen Forschung ist Deutschland weiterhin Entwicklungsland. Und die Chirurgie ist das Schlusslicht. Das soll sich jetzt ändern, ihr Studienzentrum kommt langsam in Fahrt. Seite N 2

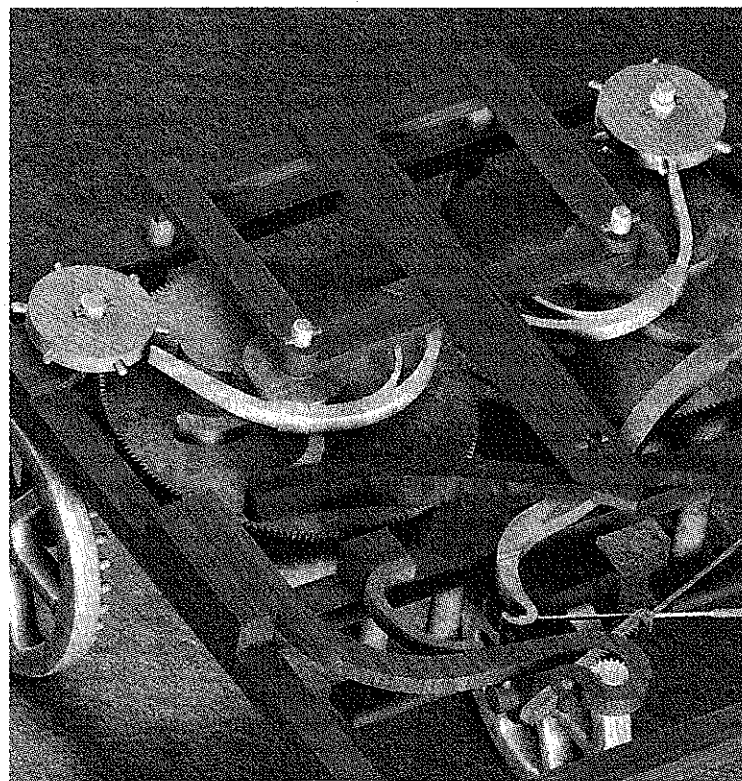
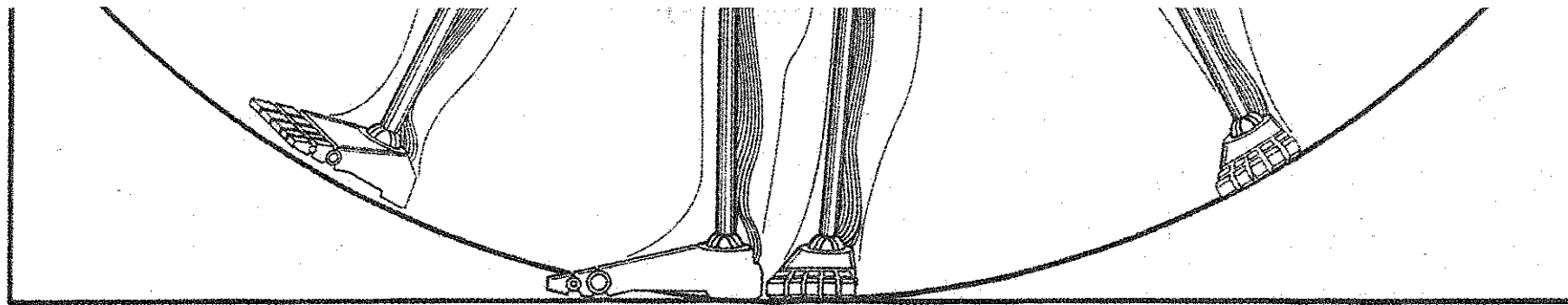
Getäuschte Zecken

Neue Medikamente zur Bekämpfung der lästigen Blutsauger lassen sich nun auch ohne Tierversuche testen. Schweizer Wissenschaftler haben eine künstliche Haut als Ersatz entwickelt. Seite N 2

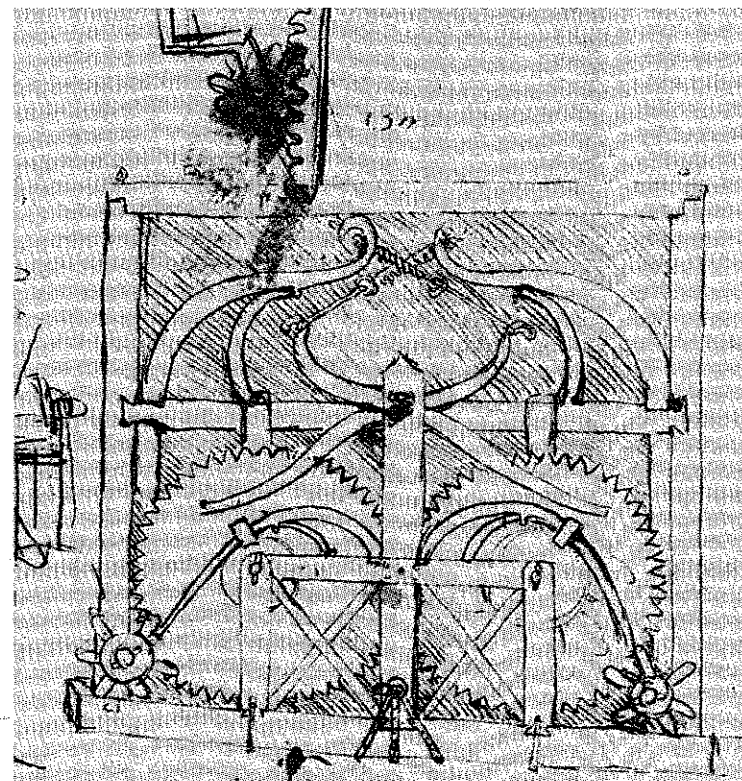
Geisteswissenschaften

Die Brüsseler Affäre

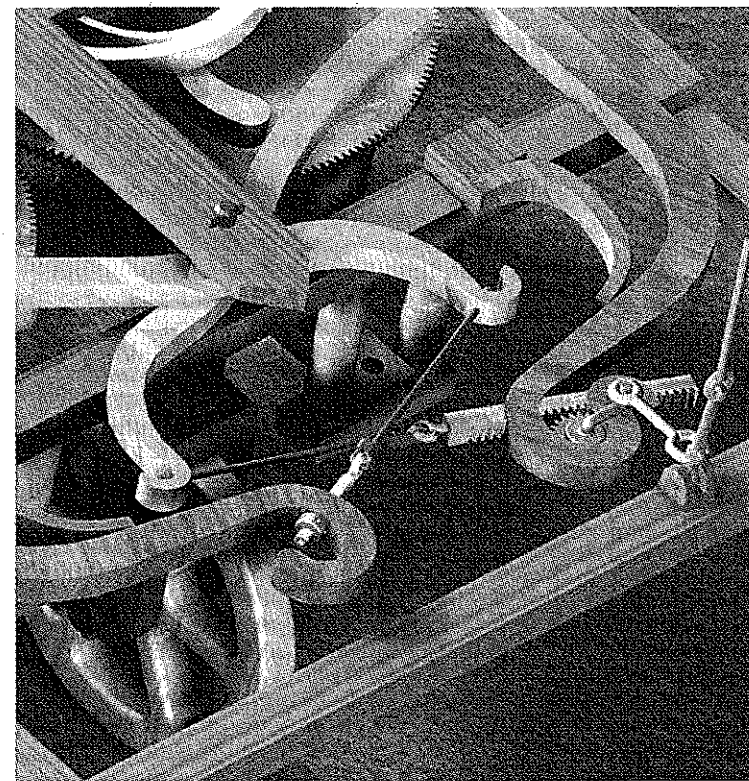
Darüber floss mehr Tinte als Blut: Nach mehr als einem Jahrhundert ist jener Revolver wieder aufgetaucht, mit dem Paul Verlaine auf seinen jungen Freund Rimbaud schoss. Seite N 3



Einem Uhrwerk ähnlich: Die Elemente von Leonardos Wagen.



Das Herz des Wagens zeigt Blatt 812 r des Codex Atlanticus



Die armbrustartig gebogenen Federn dienten der Steuerung des Karrens



<http://www.springer.com/978-3-540-28440-6>

Leonardo's Lost Robots

Rosheim, M.

2006, XIX, 188 p., Hardcover

ISBN: 978-3-540-28440-6