

## Es begann mit den Zahlen

138

Ein ganzes Forscherleben: Als Mathematiker beschäftigte sich Peter Damerow zunächst mit Mathematikunterricht in der Grundschule, dann mit der Frage, warum in frühen Kulturen auf so unterschiedliche Weise gerechnet wurde. Die Untersuchung der Zahlenkonzepte wurde für ihn zum Ausgangspunkt für die Erforschung der frühesten Schriftzeugnisse aus dem Zweistromland und später der Entwicklung der Mechanik in der frühen Neuzeit. Zu seiner Mission als Wissenschaftshistoriker gehört es, Wissen zu teilen. Diese Idee treibt er voran: konzeptionell, indem er eine Internetdatenbank zur Erforschung von Keilschrifttafeln mitbegründete und bis heute laufend weiterentwickelt; und ganz persönlich, indem er junge Forscher am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte an seinem Wissen und seiner Erfahrung teilhaben lässt.

Dass er einmal Wissenschaftler werden würde, »ein fanatischer Forscher«, wie er sich selbst bezeichnet, war zu Beginn seines Berufslebens nicht abzusehen. Peter Damerow, 1939 in Berlin geboren, hat ursprünglich eine Lehre zum Chemielaboranten und später an der Abendschule Abitur gemacht. Seine Lehrer sagten ihm, für ihn als Lateinschüler kämen als Studienfächer nur die alten Sprachen infrage. Es kam anders: Peter Damerow studierte an der Freien Universität Berlin Mathematik und hörte nebenbei Vorlesungen in Psychologie, Philosophie und Pädagogik. »Für mich war Studieren ein Lebensziel«, erzählt Peter Damerow. Er hatte Glück, die Stu-



dienstung erkannte seine Begabungen und förderte ihn. Nach dem Studienabschluss, Mitte der 1970er Jahre, ging er an das Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, wo er sich zunächst der Lehrerfortbildung im Fach Mathematik widmete. In seiner Promotion 1977 kritisierte er die Art und Weise, wie Grundschulern damals die Mengenlehre beigebracht wurde.

Nach der Promotion befasste sich Damerow auch mit der kognitiven Psychologie – damals ein neuer Forschungsansatz, bei dem es um die Fragen geht, wie Menschen Informationen aus der Umwelt aufnehmen, sie verarbeiten und wie sich dieses Wissen wiederum in ihrem Verhalten ausdrückt. Peter Damerow interessiert sich für die verschiedenen Zahlenkonzepte, die Menschen entwickelt haben. »Die Beschäftigung damit war damals noch mehr Hobby als Beruf«, sagt er, dennoch ging er in einem wissenschaftlichen Aufsatz der Frage nach, warum Menschen der frühen Kulturen auf ganz unterschiedliche Weise rechneten. Zu seinen Untersuchungsobjekten gehörten Fragmente von beschrifteten Tontafeln aus der Zeit um 3000 v. Chr., die in Mesopotamien ausgegraben wurden – Zeugnisse der frühesten Phase der Schriftentwicklung. Doch so sehr er sich bemühte: Mit den damals gängigen Methoden der Transkription waren die Berechnungen, die in die Tontafeln geritzt waren, nicht nachzuvollziehen. »Irgendetwas konnte nicht stimmen«, erinnert sich Peter Damerow. Bisher hatten Forscher hinter solchen Ungereimtheiten Fehler der Schreiber vermutet.



Für Peter Damerow war diese Erfahrung Ausgangspunkt für ein neues Forschungsvorhaben. 1983 begann er gemeinsam mit dem Archäologen Hans Jörg Nissen und dem Altorientisten Robert K. Englund, »die archaischen Texte auf der Basis aller ausgegrabenen Tafeln von Grund auf neu zu analysieren«. Die Wissenschaftler wählten dafür einen neuen Weg: Während Forscher bislang versucht hatten, die Bedeutung der Schriftzeichen anhand einzelner Tafeln zu entschlüsseln, wollten sie über fünftausend Tontafeln, die hauptsächlich aus Grabungen in der babylonischen Stadt Uruk stammen, vergleichend untersuchen. Peter Damerow und seine Kollegen hofften, die »Schreibregeln« identifizieren zu können und so hinter das Geheimnis der Schriftzeichen zu kommen. Dies konnte nur mithilfe von Computern gelingen: »Innerhalb eines Jahres haben wir mit statistischen Methoden herausgefunden, was die Zahlzeichen bedeuteten. Das war ein Durchbruch in der Forschung«, berichtet Damerow. Die Auswertung führte zu zwei wesentlichen Ergebnissen: Die frühen Schriftzeugnisse aus dem dritten Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung sind nicht etwa die Verschriftlichung einer gesprochenen Sprache, sie dokumentieren vielmehr die Verwaltungs- und Buchhaltungsaktivitäten von Beamten. So sind auf den Tontafeln etwa Abrechnungen über die Abgabe von Saatgut, die Lieferung von Getreide oder anderer Güter festgehalten. Diesen Aufzeichnungen und Berechnungen lag kein einheitliches Zahlensystem zugrunde, sondern es wurden unterschiedliche

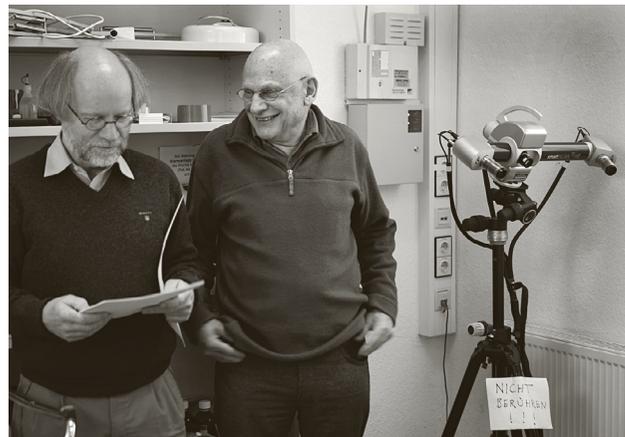
Zahlensysteme verwendet, je nachdem, was man zählen oder abmessen wollte.

Wissenschaftler, die heute an der Entschlüsselung dieser frühen Schriftzeugnisse arbeiten, finden gänzlich andere Bedingungen vor. Sie können auf der Internetplattform »Cuneiform Digital Library Initiative« (CDLI) Zehntausende Tontafeln mit Keilschrifttexten studieren. Die Bilder sind mit Transkriptionen der Inschriften, mit Informationen zum Fundort, zur Datierung und zum Aufbewahrungsort versehen. Das CDLI ist ein Projekt, das Peter Damerow, seit Ende der 1990er Jahre Mitarbeiter des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte, zusammen mit Robert K. Englund, inzwischen Professor an der University of California in Los Angeles, initiiert hat und gemeinsam mit Wissenschaftlern und zahlreichen Museen und Archiven weiterentwickelt. Die Internetplattform soll einmal alle etwa fünfhunderttausend Keilschrifttafeln zusammenführen, die heute in Museen, Archiven und privaten Sammlungen über die ganze Welt verstreut sind.

Aber es geht Peter Damerow nicht nur um die Menge, sondern vor allem auch um die Qualität der Darstellung. In Zukunft sollen die Tontafeln nicht nur als Zeichnungen oder Fotos, sondern als dreidimensionale Objekte im Internet zu sehen sein. Bis dahin sind noch viele Probleme zu lösen: Mit welcher Software lassen sich 3-D-Bilder am besten herstellen, archivieren und darstellen? Wie geht man mit Verwertungs-



Der Wissenschaftshistoriker Peter Damerow treibt die Entwicklung einer Onlineplattform für Keilschrifttafeln voran. Derzeit arbeitet er mit seinem Team daran, die Darstellung der Tafeln weiter zu verbessern. Dafür setzen sie 3-D-Scan-technologie ein, die ursprünglich einmal für die Automobilindustrie entwickelt wurde. Dahinter steht die umfassendere Idee der Wissenschaftler, neue Wege zu finden, wie Computertechnologie für die Erforschung historischer Dokumente genutzt werden kann.



rechten der Eigentümer um? Um Antworten zu finden, treffen sich Peter Damerow und seine Kollegen regelmäßig mit anderen Wissenschaftlern, die ebenfalls 3-D-Technologien für ihre Forschung einsetzen.

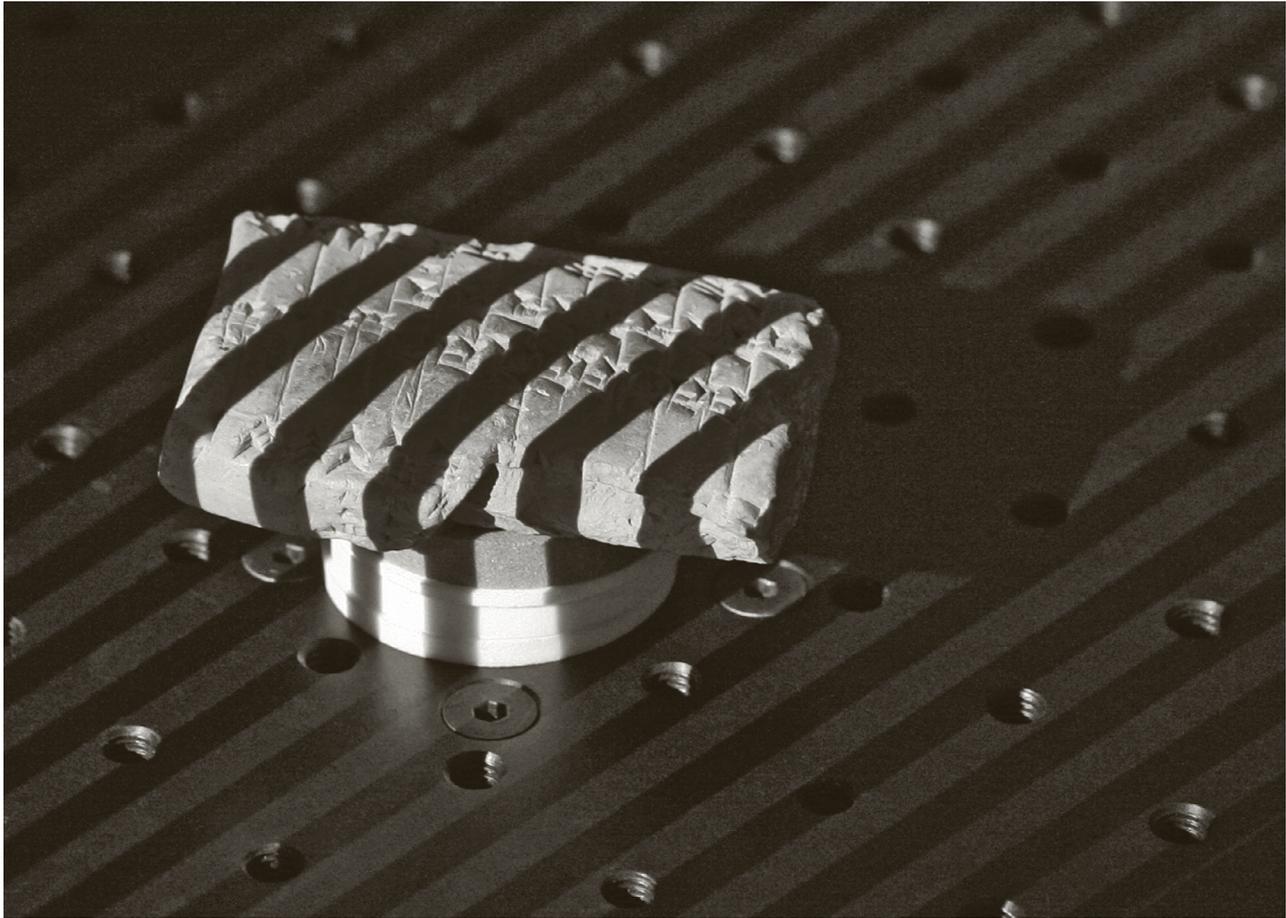
Im November ist die Gruppe zu Gast am Lehrstuhl für Altorientalistik der Universität Jena. Die 3-D-Experten treffen sich in einem gut gesicherten Raum der Universität. Dort wird die Hilprecht-Sammlung aufbewahrt, mit 3.300 Tontafeln die zweitgrößte Sammlung von Keilschrifttafeln in Deutschland. Peter Damerow will seinen Kollegen heute demonstrieren, wie sein Team die Tafeln der Sammlung scannt.

Die Hardware sieht unspektakulär aus. Sie besteht aus zwei Kameras, die auf ein Stativ montiert sind. In der Mitte, zwischen den beiden Kameras, sitzt ein Projektor, der Streifenmuster auf die Tafeln projiziert. Sarah Köhler, Studentin der Theologie und Altorientalistik, streift weiße Handschuhe über, nimmt eine Tontafel aus einem Kästchen und legt sie auf den Drehtisch, genau an die Stelle, an der die Kameras die größte Tiefenschärfe erzielen. Im Moment des Scannens gleiten die roten Lichtstreifen, erst breite, dann haarfeine, über die Tontafel. Die Messpunkte, die die Kamera aufzeichnet, liegen dicht beieinander, alle achtunddreißig Mikrometer (ein Tausendstel von einem Millimeter) einer. Das Computerprogramm berechnet aus diesen Messwerten ein Netz aus mehreren Millionen Dreiecken, das die Form



Die Studentin Sarah Köhler verbringt vierzig Stunden im Monat damit, die Keilschrifttafeln der Jenaer Hilprecht-Sammlung als dreidimensionale Objekte zu scannen. Peter Damerow und sein Team haben fast drei Monate experimentiert, um einen Arbeitsablauf zu finden, der nicht zu zeitraubend ist und dennoch Aufnahmen von hoher Qualität ermöglicht.

Die Tontafeln sind gerade so groß, dass sie gut in der Handfläche liegen. Die meisten der Tafeln der Jenaer Sammlung enthalten Eintragungen babylonischer Buchhalter und stammen aus der zwischen Euphrat und Tigris gelegenen Stadt Nippur. Nur ein kleiner Teil der Schrifttafeln enthält literarische Texte in den damals gebräuchlichen Sprachen Sumerisch und Akkadisch. Die älteste der Tafeln aus der Jenaer Sammlung wurde vor weit über viertausend Jahren hergestellt.



der Keilschrifttafel mathematisch beschreibt, und wandelt es in ein Bild um.

Ein einziger Scan dauert nicht einmal eine Minute, aber der Vorgang muss für Vorder- und Rückseite der Tontafel je sechsmal wiederholt werden, damit sie präzise abgebildet werden kann. Dann verschwinden die Lichtstreifen und nur das Summen der Lüftung des Scansystems erfüllt den Raum. Licht fällt nur gedämpft durch die Fenster, direkte Sonneneinstrahlung würde die Scans verfälschen. Nach jeder Messung berechnet die Software in wenigen Minuten eine erste Vorschau der Aufnahmen, dafür wird aber lediglich jeder dritte Messpunkt berücksichtigt. Jetzt beginnt Sarah Köhler am Bildschirm die einzelnen Scans zu einem Gesamtbild zusammenzusetzen.

Inzwischen hat die Software hochaufgelöste Bilder berechnet, die Sarah Köhler in einem nächsten Arbeitsschritt »reingt«. Sie schneidet überflüssige Informationen aus, beispielsweise dort, wo sich die Einzelaufnahmen überschneiden. Am Ende berechnet die Software aus den mehreren Gigabyte großen, hochaufgelösten Bilddateien das endgültige dreidimensionale Modell. Es hat jetzt einen Umfang von etwa zweihundertfünfzig Megabyte. An die zwanzig Minuten vergehen, bis die eingescannte Tontafel auf dem Bildschirm erscheint. Dieses 3-D-Modell kann jetzt so beleuchtet werden, dass alle Zeichen auf der Tafel gut zu erkennen sind.



»Beim zweidimensionalen Flachscan können wir das Licht nicht beeinflussen, dann verschwinden manche Zeichen auf den Tafeln«, erläutert Peter Damerow seinen Kollegen die Vorteile. »Mit dem, was wir hier tun, bewegen wir uns aber an der Grenze dessen, was heute technisch möglich ist.« Es sei aber nur eine Frage der Zeit, so Damerow, denn sobald die Rechner leistungsfähiger würden, könnten die 3-D-Bilder schneller berechnet werden. »In Zukunft wird es nicht mehr notwendig sein«, sagt Damerow, »dass jeder Forscher seine eigenen Ressourcen als persönliche Habe auf seinem Schreibtisch hütet. Das wird die Arbeitsweise einer ganzen Disziplin umkrempeln.«

Beim nächsten Treffen der Gruppe im Frühling in Florenz werden die Teilnehmer in der Anwendung des Programms MeshLab geschult. Für die Entwickler der nichtkommerziellen Software ist es wichtig, dass sie ihr Wissen direkt an die Benutzer weitergeben können. Es würde sie zu viel Zeit kosten, das Programm in einem Handbuch zu dokumentieren. Auch für die Wissenschaftshistoriker aus Berlin zahlt sich der Workshop in Florenz aus. »Mit dem frei verfügbaren Programm MeshLab können wir die riesigen 3-D-Scandateien einzelner Keilschrifttafeln auf zwei Megabyte reduzieren«, berichtet Peter Damerow seinem Kollegen Joachim Marzahn, Kustos der Keilschriftensammlung des Vorderasiatischen Museums im Pergamonmuseum auf der Berliner Museumsinsel. Allerdings, schränkt er ein, sei es noch nicht möglich, diese Da-



Beim Workshop in Jena tauschen sich Wissenschaftler und Softwareentwickler über das Scannen und Darstellen dreidimensionaler Objekte aus. Jeder hat seine eigene Methode für seine eigenen Zwecke gefunden.

Das Kunsthistorische Institut in Florenz beispielsweise untersucht romanische Kapitelle in Klosteranlagen mithilfe von hochauflösenden Digitalfotografien und 3-D-Modellen. Die Forscher vom Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig scannen Knochen und Schädel unserer urzeitlichen Vorfahren. Anders als das Team von Peter Damerow verwenden die Biologen dafür einen Computertomografen, wie er in der medizinischen Diagnostik gebräuchlich ist. Anhand der damit generierten 3-D-Modelle erweitern und präzisieren sie ihren Blick: Sie können neue Vergleiche anstellen, mögliche Entwicklungen visualisieren, Schädelfragmente zuordnen oder Schädel anhand von Fragmenten rekonstruieren. In der Fachsprache wird diese Methode als virtuelle Paläontologie bezeichnet. Zum Schluss des Workshops findet Matteo Dellepiane, Softwareentwickler und 3-D-Spezialist aus Italien, anerkennende Worte für Peter Damerow und sein Team: Aus seiner Sicht setzen sie die besten im Moment zur Verfügung stehenden Methoden ein.



teilen im Internet zur Verfügung zu stellen. Die Software ist noch nicht mit dem Internetbrowser kompatibel. Peter Damerow führt dem Keilschriftexperten im Lesesaal der Keilschriftensammlung an seinem Laptop vor, wie die neuesten 3-D-Scans aussehen: »Jetzt kannst du das Licht setzen, wie du willst. Und jedes Detail ausleuchten. Das Ergebnis ist sehr befriedigend. Wir hoffen, dass wir diese Bilder ins Netz kriegen.«

Auch das Vorderasiatische Museum ist Kooperationspartner des internationalen Scanprojekts. Schon 1998 wurden alle Keilschrifttafeln des dritten vorchristlichen Jahrtausends gescannt, insgesamt etwa viertausend Tontafeln. Die Abbildungen stehen inzwischen im Internet zur Verfügung. Auch heute wird gescannt. In einem Vorraum des Lesesaals sitzen zwei Doktoranden im Dunkeln an einem Flachbildscanner, der zweidimensionale Bilder herstellt. In einem zweiten Arbeitsgang fügen sie die Ansichten der sechs Seiten der Tontafeln zu einer Gesamtdarstellung zusammen. Eigentlich sollen demnächst auch diese Tontafeln aus dem zweiten vorchristlichen Jahrtausend in der Onlinedatenbank zu finden sein, aber es geht im Moment nicht voran. Die Transkriptionen der Inschriften, berichtet Joachim Marzahn, liegen noch bei den Wissenschaftlern, die die Texte bearbeitet haben. Sie wollen sie so lange nicht zur Verfügung stellen, bis sie die Texte selbst publiziert haben. »Da gibt es noch unterschiedliche Auffassungen«, bedauert Marzahn.



»Jetzt gehen wir ins Allerheiligste«, sagt Peter Damerow auf dem Weg ins Tontafelmagazin. Die Keilschriftensammlung des Vorderasiatischen Museums in Berlin hat über 22.000 Tontafeln katalogisiert, dreitausend Stück warten noch darauf, inventarisiert zu werden. Im Magazin schauen sich die Experten einzelne Tafeln genauer an. »Wenn du das unter dem Mikroskop betrachtest«, sagt Joachim Marzahn, Kustos der Sammlung, »dann erkennst du die Korrekturen, die die Schreiber gemacht haben.« Auf der Tafel ist eine Tabelle mit quadratischen Feldern zu erkennen. Die Tontafel stammt aus der Zeit um 2600 v. Chr. und wurde wahrscheinlich benutzt, um die Berechnung von Flächen zu erlernen. Sie kam 1906 ins Museum, wo man sie restauriert und nachträglich gebrannt hat, um sie haltbar zu machen.



Das sind die Widerstände, auf die Peter Damerow immer wieder stößt. Er selbst teilt sein Wissen täglich – auch wenn er schon seit über sechs Jahren in Rente ist. Davon profitieren vor allem seine jüngeren Forscherkollegen – so wie an diesem Tag Ende März, einem der ersten warmen Frühlingstage. Die Vögel hört man bis in den Besprechungsraum im Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte zwitschern. Hier trifft sich die Forschungsgruppe von Matthias Schemmel, einem jungen Kollegen, den Peter Damerow vor einigen Jahren als Doktorand für das Institut gewinnen konnte. Die Gruppe will sich gemeinsam mit Peter Damerow Filme anschauen, die Max-Planck-Forscher in den 1970er Jahren im Hochland der Insel Neuguinea gedreht haben. Sie dokumentieren, wie Angehörige des Volks der Eipo verschiedene Arten von Fallen bauen. Die Wissenschaftshistoriker interessieren sich dafür, welches Wissen über Räume und ihre Vermessung sich in dieser Tätigkeit ausdrückt.

Matthias Schemmel startet den Film von seinem Laptop aus. Man sieht zwei Heranwachsenden dabei zu, wie sie eine Falle bauen. Es ist nicht einfach, ihren Handgriffen zu folgen. »Also, zum ersten Mal machen die das nicht«, findet Peter Damerow. Er versteht die mechanischen Vorgänge sofort und erläutert die physikalischen Prinzipien, auf denen sie beruhen. »Die Frage ist aber, wie kommen die eigentlich dazu, ihre Fallen so zu konstruieren?«, denkt er laut. »Eines ist klar«, spricht er in die aufmerksame Ruhe, »die erfinden das nicht

jedes Mal neu. Die müssen nicht darüber nachdenken, jedes Mal, wenn sie das bauen. Der Auslösemechanismus der Falle ist bei jeder Konstruktion derselbe.« Wahrscheinlich sei diese Art des Fallenbaus keine Erfindung, sondern Ergebnis eines kontinuierlichen Optimierungsprozesses. Um zu illustrieren, dass es sich nicht um abstraktes Wissen handelt, das die Fallenbauer anwenden, sondern um intuitives Handlungswissen, berichtet Peter Damerow von einer Beobachtung, die er beim Waagenbau in China gemacht hat: »Die Handwerker kannten das Hebelgesetz nicht, das war nur unsere Interpretation, aber sie konnten trotzdem Waagen bauen.« »Ja«, stimmt sein Kollege Schemmel zu und offeriert ein weiteres Beispiel: »Du kannst komplizierte Automaten bauen, auch ohne das theoretische Wissen zu haben. Galileo zum Beispiel hat das Teleskop gebaut, aber er hat es nicht verstanden.«

Am Beispiel des Abstands, den die Fallenbauer in dem Film mit den Fingern ausmessen, um ein passendes Hölzchen zu finden, mit dem sie die Falle spannen, diskutiert die Forschungsgruppe die Frage, ob die Fallenbauer ein abstraktes Konzept von »Abstand« haben. »Dass der Begriff in ihrer Sprache nicht existiert, ist ein Indiz dafür, dass sie nicht über ein abstraktes Konzept von Abstand verfügen«, ist Matthias Schemmel überzeugt. Peter Damerow wendet ein, dass nicht alles Wissen versprachlicht sei. Wenn man solche intuitiv vorhandenen Konzepte nachweisen wolle, müsse man das Verhalten untersuchen.



Am 1994 gegründeten Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte erforschen Wissenschaftler die historische Entwicklung wissenschaftlichen Denkens und des Wissenserwerbs. Dabei berücksichtigen sie die jeweiligen kulturellen, technischen und sozialen Bedingungen, unter denen Wissen entsteht. Der Wissenschaftshistoriker Peter Damerow gehört zur Abteilung 1. Dort wird der »Strukturwandel von Wissenssystemen« über lange Zeiträume hinweg untersucht. Das heißt, es werden die historischen Prozesse erforscht, die dem Wandel von Wissenssystemen zugrunde liegen.

Die Forschergruppe, mit der sich Peter Damerow heute trifft, ist Teil eines der sogenannten Exzellenzcluster, die das Bundesforschungsministerium seit einigen Jahren als Teil seiner Exzellenzinitiative finanziert. Das TOPOI-Exzellenzcluster von Freier Universität, Humboldt-Universität, Berlin-Brandenburgischer Akademie, Deutschem Archäologischem Institut, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und Stiftung Preußischer Kulturbesitz erforscht die Wechselwirkungen von Raum und Wissen. Die Forschungsgruppe von Matthias Schemmel interessiert sich für die Rolle, die Raum und Wissen in der Geschichte der Wissenschaften spielen.



Peter Damerow beteiligt sich auch mit einer eigenen Untersuchung an dem Forschungsprojekt. »Im Moment versuche ich zu beweisen, dass die Babylonier zwar pythagoräische Zahlen, nicht aber den Satz des Pythagoras kannten. Was bedeutet das für die Vorstellung vom Raum?«, erläutert er seine Forschungsfrage. Einer der Ursprünge der Geometrie sei zwar die Feldmessung, aber Feldgrößen konnten auch ohne den Satz des Pythagoras berechnet werden. Und damit kommt er zurück auf die archaischen Tontafeln: »Das Vermessen der Felder und die Berechnung der Feldflächen hat schon um 3000 vor Christi Geburt funktioniert, wenn auch nur auf eine Art und Weise, die aus Sicht der modernen Geometrie eine Näherung ist. Das kann man anhand von Keilschrifttafeln belegen.«

Kurz nach seiner Pensionierung haben die Ärzte bei Peter Damerow Krebs diagnostiziert. Seitdem kann er keine weiten Reisen mehr antreten, aber er war ohne größere Unterbrechungen immer an seinem Arbeitsplatz. »Schon wegen meiner Krankheit«, sagt er. An seiner Art zu arbeiten habe sich nichts geändert, er vergesse bei der Arbeit, dass er schon siebenzig Jahre alt ist. Überhaupt spielt der Altersunterschied für ihn gar keine Rolle: »Ob jung oder alt«, sagt er, »die arbeiten alle fanatisch an ihren Themen.« Nur die Arbeitsbedingungen seiner jüngeren Kollegen seien andere, kaum einer habe noch eine feste, unbefristete Stelle bis zur Pensionierung, so wie er. »Eigentlich«, sagt Peter Damerow, »muss man heute noch verrückter sein, um Forscher zu werden.«

Peter Damerow und Jürgen Renn, Direktor des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte, kennen sich schon seit ihrer Studienzeit. Sie haben über Jahre gemeinsam zu Albert Einstein und dem Umbruch von der klassischen zur modernen Physik gearbeitet. Daneben verbindet sie vor allem ihr Interesse an Technik und Wissenschaft der Antike und ihrer Wiederbelebung und Weiterentwicklung in der Renaissance. Die Gründung des Max-Planck-Instituts für Wissenschaftsgeschichte und die Berufung von Jürgen Renn zum Gründungsdirektor bot ihnen die Chance, ihr gemeinsam entwickeltes Forschungsprogramm zur »historischen Epistemologie der Entwicklung des Wissens« zu verwirklichen.

