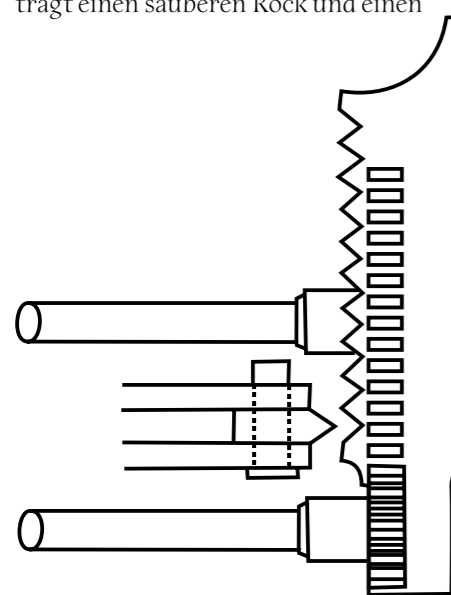


Vorläufer des Computers im Dampfmaschinen-Zeitalter.

Text: Reinhard Kleindl

D e n k m a s c h i n e n

Ein Mechaniker poliert ein Zahnrad aus Messing und hält es prüfend ins Licht. Er befindet sich in einem englischen Herrenhaus, das zu einer Werkstatt umfunktioniert wurde, trägt einen sauberen Rock und einen



gepflegten Backenbart. Vor ihm steht eine Maschine, mehrere Meter lang, die wie ein schimmerndes Uhrwerk aussieht, ohne Zeiger, dafür mit unzähligen nebeneinander angeordneten Rädern, auf denen Zahlen von 0 bis 9 prangen. Sein Gehalt zahlt die britische Krone. Eigentlich war er Ingenieur in der boomenden Eisenbahnbranche: Dampflokomotiven

ÄLTESTER COMPUTER

Die Differenzmaschine Nr. 2 von Charles Babbage – im Bild die Konstruktion einer Addiervorrichtung – gilt als der erste mechanische Computer der Welt.

sind der letzte Schrei und haben die Welt kleiner gemacht, von Liverpool nach Manchester reist man in knapp einer Stunde. Doch ein ebenso genialer wie sonderbarer Forscher hat ihn für eine viel ungewöhnlichere und schwierigere Aufgabe engagiert: die Konstruktion einer Maschine, die „rechnet und denkt“, wie es der deutsche Gelehrte Alexander von Humboldt ausdrückte.

Der sonderbare Forscher, für den der Mechaniker arbeitet, ist Charles

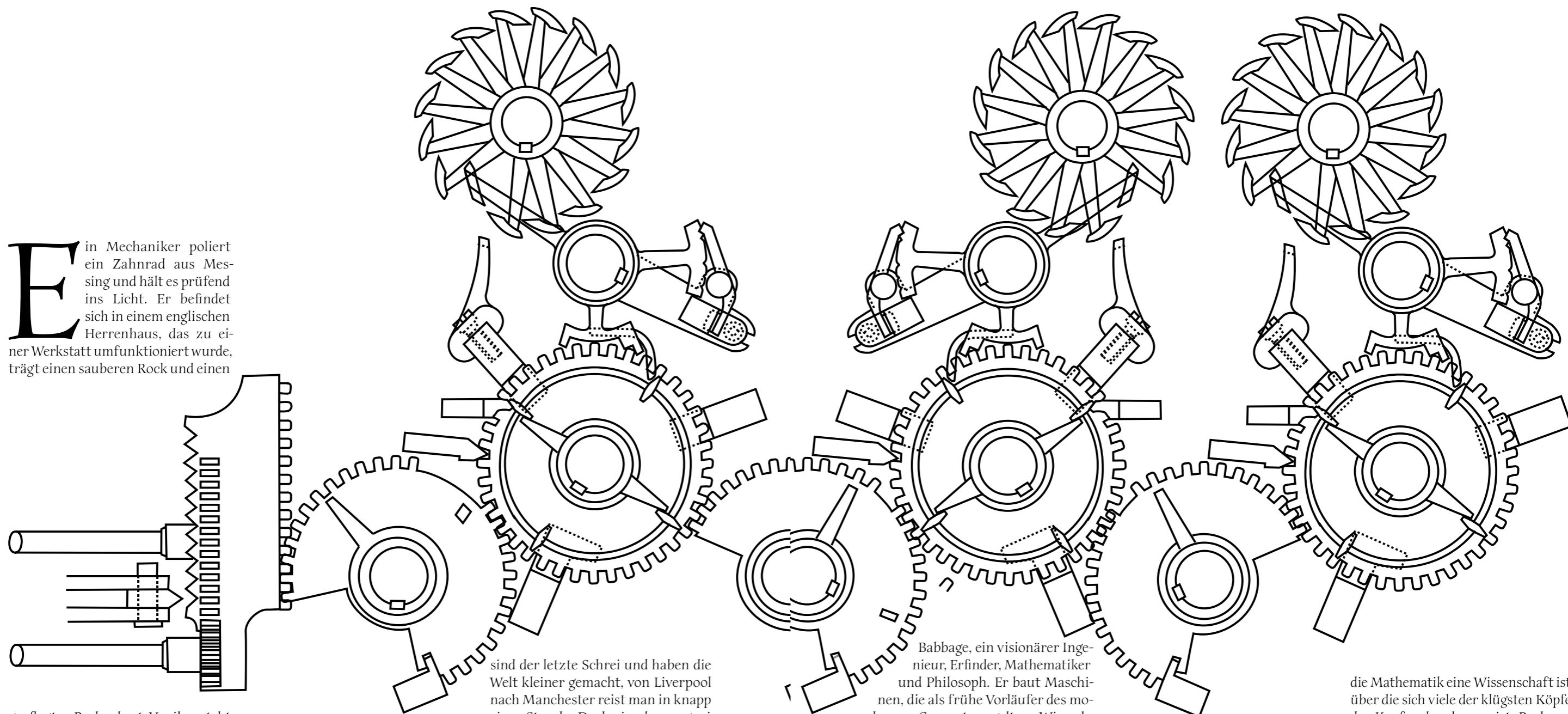
Babbage, ein visionärer Ingenieur, Erfinder, Mathematiker und Philosoph. Er baut Maschinen, die als frühe Vorläufer des modernen Computers gelten. Wir schreiben das Jahr 1830, das Zeitalter der Dampfmaschine. Die Glühbirne wird erst in fünfzig Jahren erfunden werden. Es ist, sagt Babbage, das Anfertigen von Werkzeugen, das den Menschen ausmacht. Bei Werkzeugen denkt man üblicherweise an Geräte, die körperliche Schwächen des Menschen ausgleichen sollen – Hammer,

Sense, auch die Dampfmaschine, wenn man so will. Tatsächlich gab es aber schon sehr früh auch Werkzeuge, die den Geist unterstützen sollten.

„Mathematik“ und „Rechnen“ werden von vielen leidgeprüften Schülern synonym verwendet, doch zwischen den beiden Begriffen liegt ein wesentlicher Unterschied: Während

die Mathematik eine Wissenschaft ist, über die sich viele der klügsten Köpfe den Kopf zerbrechen, so ist „Rechnen“ etwas, das erlernt werden kann und möglichst fehlerfrei durchzuführen ist. Rechnen ist also etwas, das wir an Maschinen delegieren können.

Heben Sie Ihre rechte Hand: Sie haben vor sich die einfachste Form eines Computers. Die Finger sind die älteste Rechenhilfe der Menschheit. Das Wort „digital“ leitet sich davon





WIKI COMMONS

HANDLICHER ZAHNRADRECHNER

Die „Curt“ – einen 140.000 Mal verkauften handlichen mechanischen Rechner, der alle vier Grundrechenarten beherrschte – wurde von Wiener Curt Herzstark erfunden. Das Konzept entwickelte er KZ Buchenwald.

ab, „digitus“ bedeutet „Finger“. Man hatte begriffen, dass fünf Finger und fünf Äpfel etwas gemeinsam haben – eine Eigenschaft, die nichts mit dem Stoff zu tun hat, aus dem diese Objekte bestehen. In vielen antiken Zahlensystemen, etwa denen der Sumerer, Ägypter aber auch der Maya, nehmen deshalb die Fünf oder die Zehn – die Zahl der Finger an einer oder beiden Händen – zentrale Plätze ein. Ein Hinweis darauf, dass die Menschen einfach ihre Finger durchzählten.

Was mit den Fingern funktioniert, lässt sich auch mit Steinen oder Muscheln tun, was zur Entwicklung des Abakus führte. Hier wurde mit kleinen Kugeln gerechnet, die verschiebbar auf Drähten aufgefädelt waren – ein System, das stark an das hölzerne Gerät erinnert, das wir heute noch in

Gasthäusern sehen, wo es Kartenspieler verwenden.

Beim Kartenspielen wie beim Rechnen im Alltag treibt uns das Bedürfnis, Fehler zu vermeiden, zum Einsatz von Maschinen. Spätestens seit dem 14. Jahrhundert gab es mechanische Uhren, die bewiesen, dass ein Getriebe aus Zahnrädern in der Lage war, genauer zu arbeiten als das intuitive Zeitempfinden. Der Gedanke, solche Getriebe zum Rechnen zu verwenden, tauchte von da an immer wieder auf.

Wer die ersten mechanischen Rechenmaschinen baute, darüber haben die Autoren je nach Nationalität unterschiedliche Ansichten. Eine Zeichnung von Leonardo da Vinci aus dem „Codex Madrid“ wird von manchen Historikern als solche interpretiert, was allerdings höchst umstritten ist. Andere Namen, die auftauchen, sind Raymundus Lullus (mit einem einfachen Gerät für logische Schlüsse, mit theologischem Hintergrund, die nicht als Rechenmaschine gelten kann) oder Athanasius Kircher; weiters Wilhelm Schickard, der in einem Brief an Johannes Kepler eine echte Rechenmaschine beschreibt, die aber nicht erhalten ist, und nicht zuletzt Blaise Pascal, nach dem die physikalische Einheit für den Druck benannt ist. Eine von ihm 1642 konstruierte Maschine war in der Lage, Additionen und Subtraktionen durchzuführen. Auf diesen Apparat wurde wiederum der Universalgelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz aufmerksam.

Leibniz gelang dabei ein Durchbruch. Mit dem von ihm entwickelten Gerät könne „jedes Kind komplizierte Berechnungen durchführen“, wie Zeitgenossen schrieben. Der Vergleich vom Kind ist nicht unbedeutend: Manche der frühen Rechenautomaten waren durchaus schwierig zu bedienen – und was nützt eine Maschine, die nur von jemandem bedient werden kann, der ohnehin klug genug zum Rechnen ist?

Leibniz, der von sich sagte, schon morgens beim Aufwachen mehr Ideen zu haben, als er an einem Tag be-

wältigen konnte, sah so großes Potenzial in seinen Rechenmaschinen, dass er ihnen viel seiner kostbaren Zeit widmete. Er nahm auch weitere Entwicklungen des späteren Computerzeitalters vorweg, indem er etwa mit binären Zahlen experimentierte und feststellte, dass Rechnungen sich dadurch so vereinfachten, dass sie automatisierbar wurden.

Leibniz baute mehrere Versionen seines „Instrumentum Arithmeticum“, die aber sehr fehleranfällig waren. Keine der aus seinen Lebzeiten erhaltenen Maschinen ist heute funktionstüchtig, aber moderne Rekonstruktionen nach den Originalplänen funktionieren tadellos – ebenso wie das „Thomas-Arithmometer“, eine Rechenmaschine aus 1820, die sich an der Bauweise der Leibniz-Maschine orientiert.

Einer trieb das Konzept der rechnenden Maschine weiter als alle anderen: Charles Babbage.

Tabellen und Zahnräder

Babbage war fasziniert von einer Maschine, die als „Werkzeug zum Rechnen“ zu gebrauchen ist und darin den Menschen ersetzen kann. Der Antrieb war ein sehr pragmatischer: Ingenieure und Navigatoren auf See waren immer wieder auf mathematische Berechnungen angewiesen, die wir heute mit einem Taschenrechner erledigen würden. Man behalf sich mit Tabellen, etwa Logarithmentafeln, die von Hand berechnet werden mussten. Es braucht wenig Phantasie, um sich auszumalen, welche Folgen Irrtümer hier hatten. Babbage selbst prüfte solche Tabellen auf ihre Richtigkeit und fand unzählige Fehler. Es war offensichtlich, dass eine klug konstruierte Maschine viel verlässlicher wäre.

Inspiziert wurde er dabei nach eigenen Angaben nicht nur von Vorgängern wie Leibniz, sondern von Automaten, die zur Unterhaltung dienten: Als Kind sah er die mechanischen Puppen eines Künstlers namens „Merlin“, tanzende Mädchen aus Metall, also im Prinzip sehr frühe Roboter. Ein weiteres technisches Vorbild

Denkmaschinen von morgen

Revolutionen in der Computertechnik wurden immer wieder angekündigt, sind aber bisher ausgeblieben – wer erinnert sich noch an schöne Fernsehdokus über „Lichtcomputer“? Nach wie vor beherrschen Computer aus Silizium unseren Alltag. Tatsächlich haben sich Prozessoren aus Silizium als beispiellose Erfolgsgeschichte erwiesen, deren Weiterentwicklung keine Grenzen zu kennen scheint – Stichwort Mooresches Gesetz, nach dem sich alle zwei Jahre die Anzahl der Schaltkreise auf einem Computerchip verdoppelt, und das die Entwicklung seit den 70ern erstaunlich gut beschreibt. Angetrieben wird diese Entwicklung durch zunehmende Miniaturisierung, die aber immer mehr an ihre Grenzen kommt, weil Leiterbahnen nicht beliebig verkleinert werden können, ohne dass Quanteneffekte die Spielregeln grundlegend verändern.

An dieser Grenze kratzt man bereits seit einigen Jahren. Es entbehrt nicht der Ironie, dass es Wissenschaftlern gelingen könnte, den Spielverderber Quantenmechanik auszutricksen, indem man Quanteneffekte zum Aufbau einer völlig neuen Computertechnologie nutzt. Quantensysteme könnten einer neuen Computergeneration erlauben, mehrere Rechenoperationen gleichzeitig durchzuführen. Ab einer gewissen Größe, die derzeit technologisch noch nicht möglich ist, wird dieser neue Computertyp alles bisher dagewesene in den Schatten stellen. In Österreich sind bei der Forschung derzeit vor allem Quantenphysiker in Innsbruck und Wien an vorderster Front mit dabei. Die ersten neuen Quantenrechner werden wahrscheinlich aufwändige Apparate sein, die in Forschungseinrichtungen (oder

Geheimdienstzentralen) stehen, wie es auch bei den ersten elektronischen Rechnern oder auch bei Babbages Differenzmaschinen war. Doch Anton Zeilinger zum Beispiel traut dem Prinzip durchaus zu, auch den Weg in die Haushalte zu finden und unsere derzeitigen Computer vollständig zu ersetzen.

Egal wie leistungsfähig sie sein mögen: Diese Maschinen werden nach wie vor Werkzeuge sein. Sie nehmen dem Menschen Aufgaben ab, die sich automatisieren lassen. Wirklich intelligente Maschinen zu konstruieren, daran scheitern Entwickler nach wie vor; Maschinen „denken“ also nach wie vor nicht wirklich, wie Humboldt es nannte.

Was passieren wird, wenn auch das gelingen sollte, ist nicht ganz klar. Forscher wie Stephen Hawking warnen überraschend eindringlich vor der Entwicklung leistungsstarker künstlicher Intelligenzen. Das Argument ist einfach: Wenn der Mensch in der Lage ist, etwas zu schaffen, das intelligenter ist als er selbst, dann sollte die neu geschaffene Intelligenz wiederum eine höhere Intelligenz schaffen können. Die Literatur hat sich mit dem Szenario ausgiebig befasst, einmal mehr, einmal weniger optimistisch. (Zuletzt gab es mit „Transcendence“ wieder eine große Hollywood-Produktion mit Johnny Depp zu dem Thema.)

Hier geht es freilich nur um Spekulationen, um Unterhaltung. Doch während Flüge zu Sternen oder Teleportation zu optimistisch gedacht waren, haben Science-Fiction-Autoren die Entwicklungen der Computer- und Informationstechnologie überraschend gut vorhergesagt. Es könnte sich also wieder lohnen, alte Science-Fiction-Klassiker auszugraben und genau zu lesen – auch die Schreckensszenarien.

Bedienungsanleitung Thomas-Arithmometer



SHUTTERSTOCK

Das Thomas-Arithmometer war die erste in großer Stückzahl produzierte Rechenmaschine (ca. 5.500). Sie wurde von Charles Xavier Thomas de Colmar entwickelt und 1820 patentiert. Ihre Bauweise ähnelte jener von Leibniz. Das Gerät besaß mehrere Schieberegler für die Eingabe von Zahlen, ein „Display“, in dem Ergebnisse angezeigt wurden, und eine Kurbel.

Um zwei Zahlen zu addieren, musste man wie folgt vorgehen:

Schritt 1: Sicherstellen, dass die Anzeige auf 0 steht.

Schritt 2: Einstellen der ersten Zahl mithilfe der Regler, eine volle Drehung mit der Kurbel. Die erste Zahl erscheint auf dem Display.

Schritt 3: Einstellen der zweiten Zahl mithilfe der Regler, eine volle Drehung mit der Kurbel. Die Summe der beiden erscheint auf dem Display.

Auf diese Weise konnten beliebig weitere Zahlen hinzuaddiert werden. Um eine Zahl zu subtrahieren, musste ein Schieberegler von „Addieren“ auf „Subtrahieren“ umgestellt werden, sonst ändert sich nichts.

Kinderleicht!



ALTE RECHENMETHODEN

Hilfsmittel für den Geist haben die Menschen schon sehr früh ersonnen. Die Abbildung von Gregor Reisch in seinem Buch „Margarita Philosophica“ (1508) zeigt rechts eine Rechenbank (Abakus) und links einen mit Ziffern und Zeichen beschriebener Tisch, dahinter stehen die Gelehrten Pythagoras und Boethius. In der Mitte steht die personifizierte „Arithmetica“ mit geöffneten Büchern in jeder Hand.

BLAISE PASCAL

(1623–1662) erhielt ein Patent auf eine Rechenmaschine, die anfangs nur addieren, später auch subtrahieren konnte. 50 Stück dieser Maschine wurden gebaut.



GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

(1646–1716) entdeckte die Differenzialrechnung und baute eine Rechenmaschine, die auch multiplizieren konnte.



CHARLES BABBAGE

(1791–1871) reformierte die britische Mathematik, erstellte Formeln für Versicherungen und entwickelte das Prinzip von Computern.



für seine späteren Maschinen waren automatisierte Webstühle, die über Lochkarten sehr effektiv auf verschiedene Muster „programmiert“ werden konnten – eine Technik, die auch noch bei frühen elektronischen Computern verwendet wurde.

Für den Bau der „Differenzmaschine“ lukrierte Babbage Staatsgelder, kaufte ein Haus, richtete im Kutschhaus eine Gießerei ein und stellte die besten technischen Zeichner und Facharbeiter ein, die er finden konnte, nicht ohne sich zu beschweren, dass die boomende Eisenbahnbranche die besten Zeichner von seinem Vorhaben abzog.

Die erste Differenzmaschine stellte er selbst nicht fertig (abgesehen von einem Prototypen, der eher den Zweck einer Machbarkeitsstudie hatte), aber es gelang später, funktionierende Modelle zu bauen, die auch den Weg in die Praxis fanden. Babbage war damit allerdings nicht zufrieden und wandte sich einer größeren Vision zu, der „Analytical Engine“. Sie sollte flexibler sein, von einer Dampfmaschine angetrieben werden und aus getrennten Teilen bestehen:

- einem Rechenwerk, das „Mill“ genannt wurde,
- einem Speicher („Store“),
- einer Leseeinrichtung für Lochkarten und schließlich
- verschiedenen möglichen Ausgabemedien, wahlweise einen Kartenlocher (der also wieder lauffähige Programme erzeugen konnte), einen Drucker oder ein Kupferstechapparat.

Die Maschine sollte fähig sein, ohne besondere Umbauarbeiten Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division, mit verschiedenen Vorzeichen, sowie Wurzelziehen durchzuführen.

Wem das modern vorkommt, der hat recht: Hier wird zum ersten Mal ein Computerkonzept mit getrenntem Prozessor und Speicher beschrieben.

Der Plan war ambitioniert, sogar überambitioniert. Babbage verbrauchte mehr Mittel als vorgesehen und drohte auch persönlich daran zu scheitern. Eine Freundin, die Mathe-

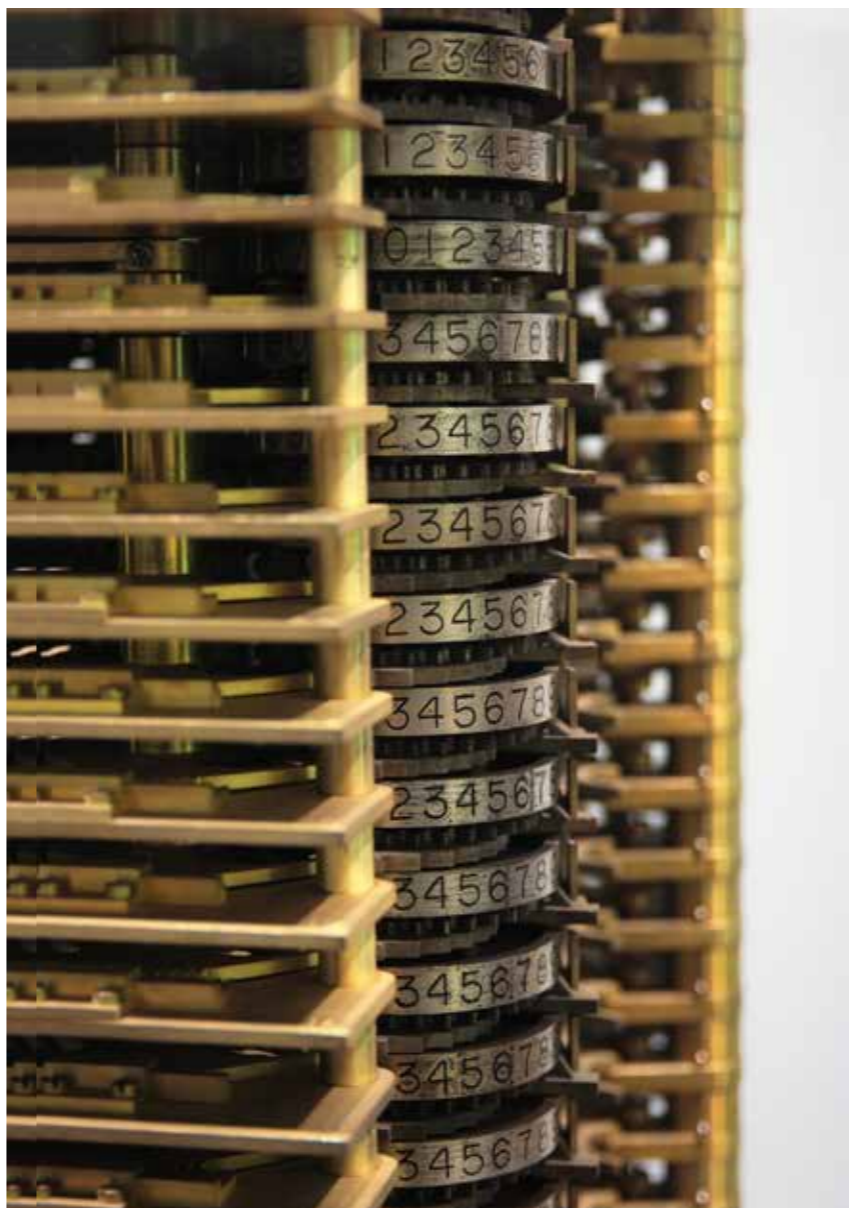
matikerin Mary Sommerville, bemerkte etwa: „Herr Babbage sieht elend aus und befindet sich sehr unwohl. Ich fürchte sehr, die Maschine wird sein Tod sein.“ Tatsächlich berichtet der Mann, dessen Traum es war, den Menschen zu ersetzen, an seinem Lebensabend, er habe „keinen einzigen ungetrübt glücklichen Tag“ in seinem Leben gehabt.

Universelle Maschine

Babbage selbst betrachtete sein Werk als abgeschlossen, obwohl die „Analytical Engine“ nie gebaut wurde: Er beschrieb die Maschine in einer eigens entwickelten Kunstsprache, deren Konzept er in einem philosophischen Fachjournal publiziert hatte. Nach seinem Tod wurde eine Kommission eingesetzt, die über das weitere Schicksal der Maschine entscheiden sollte. Obwohl die Kommission Babbage und seine Arbeit in den höchsten Tönen lobte, empfahl sie, keine neuen Geldmittel zu investieren – auch die Mitglieder der Kommission waren sich nicht sicher, ob die Anlage jemals funktionieren würde. Sie regten an, man könne doch das Gesamtkonzept aufgeben und einzelne Teile realisieren. Heute verstehen wir vielleicht besser, warum Babbage von seiner großen Idee einer möglichst universellen Maschine nicht ablassen wollte, obwohl sie mit den damaligen technischen Mitteln zum Scheitern verurteilt war.

Babbage war in dieser Hinsicht zweifellos der Vorreiter seiner Zeit. Allerdings hatte er auch Partner und Partnerinnen, mit denen er regen Austausch betrieb. Eine davon war Lady Ada Lovelace, die eine Möglichkeit fand, mit Babbages Analytical Engine die Bernoulli-Zahlen zu berechnen, eine bestimmte Folge Rationaler Zahlen. Dieser Algorithmus wird vielfach als das erste Computerprogramm überhaupt betrachtet. Eine moderne Programmiersprache ist aus diesem Grund nach ihr benannt: „Ada“, eine in Fachkreisen als besonders elegant eingestufte Sprache.

Kolosse wie Babbages Differenz-



DIE „ANALYTICAL ENGINE“

Bei seinem Meisterwerk übernahm sich Charles Babbage: Er überzog alle Budgets und drohte auch persönlich daran zu scheitern.

maschinen konnten sich in der Praxis nicht durchsetzen, doch kompaktere Rechenmaschinen waren bis zur Jahrtausendwende im Einsatz: Manche werden sich noch an den Rechenschieber erinnern – eine einfache mechanische Rechenmaschine. Addiermaschinen waren in Büros üblich. Als Krönung der Zahnrad-Rechner kann die „Curta“ gelten, eine Gerät in Form einer Handmühle für Kaffee. Der Wiener Curt Herzstark, Sohn eines Rechenmaschinen-Herstellers, entwickelte das Konzept im Konzentrationslager Buchenwald und schuf die erste und einzige Taschenrechenma-

chine, die vier Grundrechnungsarten beherrschte. 140.000 Exemplare wurden bis 1970 von der „Curta“ gebaut.

Schon lang vor der Nutzbarmachung des elektrischen Stroms waren viele wichtige Konzepte, nach denen heutige Computer arbeiten – getrennter Prozessor und Speicher, binäre Zahlen-darstellung, Computerprogramme – also zumindest in Ansätzen vorhanden.

Der vielleicht wichtigste Baustein auf dem Weg zum modernen Computer, den wir heute kennen, stammte allerdings nicht von „Büromaschinen-Mechanikern“ wie Herzstark, sondern vom Mathematiker Alan Turing. Turing beschrieb eine programmierbare Maschine zur Lösung mathematischer Probleme, bei der das Programm im selben Speicher abgelegt wird wie alle anderen Daten. Diese Idee der

„Universellen Turingmaschine“ ist es, die den Computer so flexibel und damit so mächtig macht. Turing dachte allerdings nicht an ein reales Rechenwerkzeug: Bei ihm war sie ein mathematisches Objekt, das er brauchte, um zu entscheiden, welche mathematischen Probleme lösbar waren.

Wie sehr Rechenmaschinen, die von Babbage und Turing inspiriert sind, heute unseren Alltag prägen, hat wohl keiner der Vorreiter erahnt, wobei man versucht sein könnte, es dem leidenschaftlichen Visionär Babbage zuzutrauen. Es wäre interessant zu wissen, was er dazu zu sagen hätte. Ω

Rechenmaschinen in der Literatur

„Steam Punk“ ist ein Subgenre in der Science-Fiction-Literatur, das die Viktorianische Zeit als Ausgangspunkt nimmt, also das Zeitalter der Dampfmaschine. Der Schauplatz dieser Geschichten ist eine fiktive Welt, in der es gelungen ist, viele moderne technische Errungenschaften mithilfe von Zahnrädern und Dampfmaschinen nachzubilden, unter anderem riesige Zeppeline und nicht zuletzt Rechenmaschinen, die von den Automaten Babbages inspiriert sind. Ein Klassiker des Genres ist „Die Differenzmaschine“ von William Gibson und Bruce Sterling, zwei legendären Science Fiction Autoren (Stichwort „Cyberpunk“). In dem Buch wird ein düsteres Bild von einem Überwachungsstaat gezeichnet, der frappant an aktuelle „Big Data“-Konzepte erinnert, aber auf Maschinen basiert, die von Babbages Analytical Engine inspiriert sind. Charles Babbage und Ada Lovelace treten als Charaktere auf.