

Präzisionsarbeit mit kleinen Fehlern

Deutschlands letzte Gezeitenrechenmaschine kann wieder Ebbe und Flut im voraus berechnen – fast ganz exakt

Nachdruck aus der Beilage Wissenschaft der Berliner Zeitung vom 21. Juli 1999 *

Die Maschine ist so groß wie eine kleine Dampflokomotive: mehr als fünf Meter lang, gut zwei Meter hoch und einen Meter breit. Sie wiegt acht Tonnen. Doch mit grobschlächtigen Triebwagen aus frühindustriellen Tagen hat die letzte in Deutschland konstruierte Gezeitenrechenmaschine nur den Entstehungsort gemein: Der Koloß, gebaut in einer Potsdamer Lokomotivenfabrik, ist ein Präzisionsinstrument, vollgepfropft mit hochgenauer Feinmechanik und so empfindlich, daß die Rechenmaschine während ihres Betriebs beim Seehydrographischen Dienst der DDR in Rostock in einem klimatisierten Raum stehen mußte, damit die winzigen Schraubchen und Rädchen sich nicht durch Temperaturschwankungen oder zu hohe Luftfeuchtigkeit verziehen konnten. Die einzige Aufgabe der mächtigen Maschine: Sie sollte die Ankunftszeiten von Ebbe und Flut sowie die dazugehörigen Wasserstände von bestimmten Häfen im voraus berechnen.

Gezeitenrechenmaschinen wie der Apparat aus Potsdam leisteten in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wichtige Dienste in der Seefahrt. Ohne die genaue Kenntnis der Wasserstände und Strömungsverhältnisse konnte ein Kapitän sein Schiff in tückischen Küstengewässern schnell auf Grund setzen. In Deutschland wurden drei Gezeitenrechenmaschinen gebaut. Die erste stammt aus dem Kriegsjahr 1915, als die Marine von den damals aus England kommenden Prognosen unabhängig werden wollte. Die nächste, verbesserte Rechenmaschine wurde von 1935 bis 1939 gebaut. Der Apparat – im Deutschen Museum München zu sehen (s. Abb. 1) – war ebenfalls ein Produkt der Kriegsvorbereitungen. Besonders für U-Boote auf Spionagefahrt in feindlichen Häfen waren exakte Vorhersagen wichtig.

1952 begann der Konstrukteur Walter Below nach dem Vorbild der Münchner Maschine ein Gerät für die DDR zu bauen, weil man sich dort im Zweifelsfall nicht auf westdeutsche Gezeitentabellen verlassen mochte. Überdies konnte die Maschine die Gezeiten

von Häfen potentieller Kriegsgegner berechnen. Wie lange sie benutzt wurde, weiß heute niemand mehr. „Höchstens bis Ende der sechziger Jahre“, schätzt Wolfgang Matthäus, Ozeanograph am Institut für Ostseeforschung in Rostock-Warnemünde. Er nutzte die Maschine vor allem für Forschungszwecke.

Als sie nach der Wende verschrottet werden sollte, holte Detlev Ellmers, der Direktor des Deutschen

Schiffahrtsmuseums in Bremerhaven, sie an die Weser. Da das Acht-Tonnen-Gerät durch keine Tür paßte, mußte es in seine Einzelteile zerlegt werden. Im Keller des Museums blieben die Teile erst einmal fast zehn Jahre lang liegen. Es fehlte ein Platz, um die Maschine auszustellen.

Jetzt ist „das mechanische Wunderwerk“ (Matthäus) wieder zum Leben erweckt worden: Ohne Konstruktionsplan, nur anhand einiger Detailfotos, gelang den Mu-

seumsmitarbeitern Hinrich Nutzhorn und André Schnelle das Kunststück, die 34 Tidengetriebe, unzählige Zahnräder, winzige Justierschrauben und Stellrädchen zu einem Ganzen zusammenzufügen. Seit einigen Wochen kann die Maschine sogar wieder rechnen. „Ich hätte nicht geglaubt, daß diese ganzen fitzeligen Rädchen alle wieder an ihren Platz kommen“, gesteht Ellmers.

Hauptbestandteil des Apparats sind 34 „Tidengetriebe“, von denen jedes einen bestimmten Einfluß simuliert, der zu den Gezeiten an einem bestimmten Ort beiträgt. Die beiden wichtigsten heißen „M2“ und „S2“ und stehen für die Anziehungskräfte von Mond und Sonne. Diese beiden Kräfte sind die Ursache dafür, daß zwischen Hoch- und Niedrigwasser etwas mehr als sechs Stunden liegen und daß es bei Voll- und Neumond die besonders starken Springtiden gibt. Allerdings spielen noch etliche weitere astronomische Faktoren eine Rolle, die diese Regelmäßigkeit empfindlich stören können: Da die Erdbahn kein Kreis, sondern eine Ellipse ist, schwankt die Anziehungskraft der Sonne. Auch der Mond dreht keine exakt gleichen



Abb. 1: Gezeitenrechenmaschine des Deutschen Museums München. Die für das Deutsche Hydrographische Institut in Hamburg hergestellte Maschine gilt als die größte der Welt (s. SAGER, 1955, S. 69).

Quelle: Foto Deutsches Museum München

Bahnen, sondern kehrt nur alle 18,6 Jahre zu seiner Ausgangsposition zurück. Die Stellung der Planeten beeinflusst Ebbe und Flut ebenfalls. Jede dieser astronomischen Kräfte spiegelt sich in den Drehungen eines Gezeitengetriebes wider.

Die Rechenmaschine braucht 20 Stunden, um die Gezeiten eines Hafens für ein Jahr zu berechnen – nachdem vorher alle Justierschrauben und Stellrädchen in die für den jeweiligen Hafen charakteristische Position gebracht wurden. Das feinmechanische Innere der Maschine ist weitgehend hinter beigem Aluminiumguß versteckt. Außen ist von jedem der 34 Tidengetriebe lediglich ein Stellrad zu sehen. Alle sehen exakt gleich aus und sind in vier Reihen übereinander angeordnet. Wenn sich die Zahnräder im Innern drehen, bewegen sich die von außen sichtbaren Stellräder millimeterweise an Querstangen auf oder ab. Wie in einem Flaschenzug verbindet ein zwanzig Meter langes Band aus Stahl die 34 Räder. Jedes Rad zieht das Band ein winziges Stück nach oben oder unten. Auf diese Weise werden die 34 Einzelschwingungen „addiert“. Oben zeigt eine Uhr die berechnete Zeit an, auf einem anderen Zeiger läßt sich der dazugehörige Wasserstand ablesen.

Das mathematische Verfahren, auf dem die Drehungen der Zahnräder beruhen, heißt Fourier-Analyse. Es wird dazu verwendet, um periodische Schwingungen aus harmonischen Funktionen – also Sinus- und Kosinusfunktionen unterschiedlicher Wellenlänge – zusammenzusetzen. „Die Rechenmaschine vollzieht genau das nach, was auch in der Natur passiert, bloß schneller“, erläutert Albrecht Sauer, Historiker am Deutschen Schiffahrtsmuseum.

„Im Zeitalter der Computer erscheint uns der Aufwand, der für diese Berechnungen betrieben wurde, als unglaublich hoch“, fügt Sauer hinzu. Jedes moderne Elektronenhirn würde die Kalkulationen der Gezeitenrechenmaschine in Bruchteilen von Sekunden erledigen. Doch vor fünfzig Jahren wären die komplizierten Rechnungen per Hand kaum auszuführen gewesen. Und Erfahrung reicht keineswegs, um Gezeiten verlässlich vorherzusagen zu können.

„Viele Binnenlandbewohner denken, Ebbe und Flut kämen jeden Tag zur gleichen Zeit“, weiß Sauer von Führungen im Museum. Das stimmt jedoch nicht. Zwar sind die Verhältnisse an der Nordsee noch relativ geordnet: Pro Tag gibt es zwei Hochwasser und zwei Niedrigwasser. Aber an anderen Küsten folgen die Gezeiten oft merkwürdigen Zyklen: In Java kommt die Flut nur einmal am Tag, in Recife (Brasilien) kann sich der Wasserstand bei aufeinanderfolgenden Niedrigwassern um mehrere Meter unterscheiden (ähnlich: Buenos Aires, Abb. 2).

Selbst die Nordsee gehorcht den astronomischen Kräften nicht exakt: Die sogenannten Spring- und Nipptiden, die bei Voll- und Halbmond auftreten sollten, verspäten sich je nach geographischer Lage des

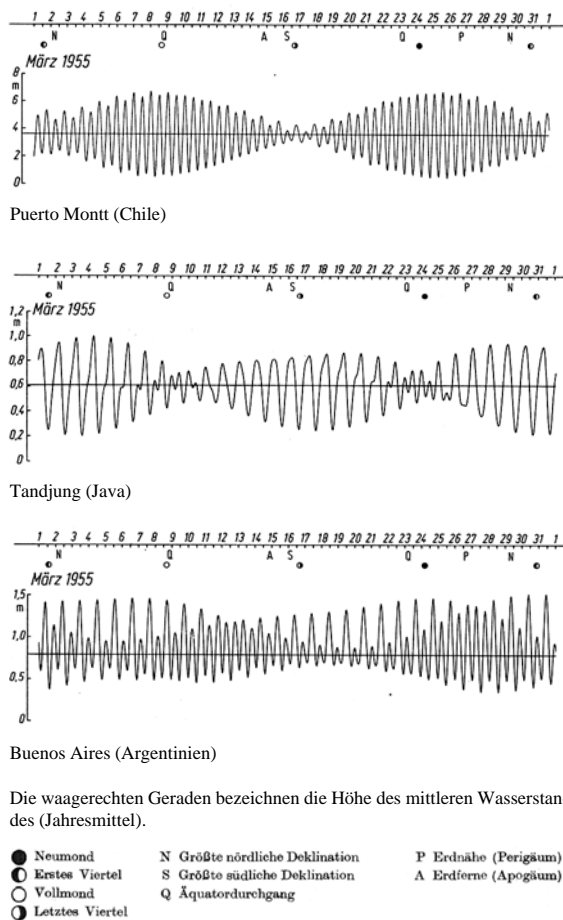


Abb. 2: Charakteristische Gezeitenverläufe über jeweils einen Monat an drei verschiedenen Orten der Erde. Quelle: Deutsches Schiffahrtsmuseum Bremerhaven

Hafens um mehrere Tage. So lange dauert es, bis sich die Wasserstände aus dem offenen Atlantik in die vergleichsweise flache Nordsee fortgepflanzt haben.

Nicht zuletzt diese Verspätung, die für Flachwassergebiete typisch ist, führte dazu, daß mechanische Gezeitenrechenmaschinen für manche Häfen trotz ihrer Präzision unbefriedigende Ergebnisse lieferten. Es konnte durchaus vorkommen, daß das Hochwasser eine Stunde später eintraf, als die Maschine es berechnet hatte – mit manchmal fatalen Folgen für die Schiffe, deren Kapitäne sich auf die Vorhersage verlassen hatten.

Das liegt daran, daß die Fourier-Analyse, auf der alle Gezeitenrechenmaschinen aufbauen, bei dem asymmetrischen Verlauf der Nordsee-Gezeiten keine genauen Ergebnissen liefert. Inzwischen ist das unerheblich: Der Deutsche Seehydrographische Dienst aktualisiert seine Berechnungen nicht nur einmal im Jahr, sondern alle paar Stunden per Computer – natürlich unter Berücksichtigung der Wettervorhersage – und überträgt die Daten dann per Funk an alle, die es wissen müssen.

Ute Kehse

* Für die Erlaubnis zum Nachdruck dieses Artikels schulden wir der Autorin, Frau Ute Kehse, und dem Redakteur, Herrn Josef Zens, besonderen Dank. Der Text stimmt bis auf geringfügige Korrekturen bzw. Veränderungen mit dem unter der WWW-Adresse : <http://www.BerlinOnline.de/suche/> (Stichwort: Gezeitenrechenmaschine) überein.

Erst durch Ute Kehses Beitrag sind wir – sehr zufällig und sehr spät! – auf diese imponierende Spezies von Analogrechnern, die Gezeitenrechenmaschinen, gestoßen. Die Chronistenpflicht gebietet, ihnen Platz in unserer Rubrik Geschichte der Rechen-technik einzuräumen, zumal ihre Entwicklung in den siebziger Jahren des neunzehnten Jahrhunderts in Großbritannien auf den berühmten britischen Physiker Sir William Thomson, den späteren Lord Kelvin, zurückgeht.

Die Originalabbildungen des Artikels von Ute Kehse standen uns zum Nachdruck leider nicht zur Verfügung. Dass wir auf Illustrationen dennoch nicht verzichten mussten, verdanken wir den Herren Dr. Hartmut Petzold, Deutsches Museum München und Dr. Albrecht Sauer, Deutsches Schiffahrtsmuseum Bremerhaven.

Weiterführende Literatur zu Gezeitenrechnern und zur Gezeitenphysik:

1. SAGER, GÜNTHER, unter Mitwirkung von Dr. Wilhelm Oehmisch und Otto Miehle:
Gezeitenvoraussagen und Gezeitenrechenmaschinen. Warnemünde: Deutsche Demokratische Republik Seehydrographischer Dienst – Hydrometeorologisches Institut, 1955.
2. SAGER, GÜNTHER:
Gezeiten und Schiffahrt. Leipzig: Fachbuchverlag, 1959.
3. Brockhaus – Die Enzyklopädie in 24 Bänden, 20., überarb. und aktualisierte Aufl. Leipzig; Mannheim: Brockhaus, Bd. 8: FRIT-GOTI, 1997, S. 524-526.
4. <http://www.dsm.de/2gezg.htm>

Mitteilung von Herrn Dr. Sauer, Deutsches Schiffahrtsmuseum:

Am 31.5.2000 wird der Erweiterungsbau des Deutschen Schiffahrtsmuseums von Bundespräsident Johannes Rau feierlich der Öffentlichkeit übergeben. Eine Fläche von 2500 m² ist folgenden Themen gewidmet: Moderner Navigation, Fischerei und Walfang, Polar- und Meeresforschung, Gezeiten, Bootsbau sowie Seenotrettung.

Edmund Suschke

Personalialia

Verabschiedung von Herrn Richter

Am 29. Februar 2000 hat Herr Rudolf Richter, langjähriger Mitarbeiter des Rechenzentrums, den wohlverdienten Ruhestand angetreten.

Seine Beschäftigung an der Humboldt-Universität begann im November 1972. Von Anfang an war sein Hauptaufgabengebiet die Mathematische Statistik. Von 1975 bis 1992 war Herr Richter Leiter der Gruppe Statistik, über viele Jahre gleichzeitig Stellvertreter des Abteilungsleiters, anfangs in der Abteilung "Mathematische Modellierung und Verfahrenorientierte Programmierung", dann in der Abteilung "Angewandte Mathematik", in der Abteilung "DV in Forschung und Lehre" und schließlich in der Abteilung "Hard- und Softwareservice". Seine Aufgaben bestanden in einer

umfangreichen Kundenbetreuung: Problemanalyse, Beratung zur Datenerfassung, Datenbehandlung, Berechnung und Auswertung der Ergebnisse. Auf technischer Seite resultierten daraus Anforderungen an unterstützende Programmierung und die Anpassung an die jeweils aktuelle DV-Technik.

Mit der rasanten Entwicklung der PC-Technik in den 90er-Jahren war es möglich, Aufgaben, für deren programmtechnische Problembearbeitung ein zentraler Großrechner nötig war, nun auf den Arbeitsplatzcomputern zu bearbeiten. Insbesondere die an der Humboldt-Universität zum Einsatz kommenden Programmpakete SAS und SPSS ermöglichten den Nutzern den selbständigen Einsatz der Software zur