Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

Der Webstuhl in der Antike

Beim Weben werden Fäden parallel gespannt (die Kettfäden) und ein weiterer Faden (der Schuss oder Eintrag) wird über und unter diesen Fäden durchgeführt. Schon früh hat man einen Stab benutzt (den Litzenstab), um jeden zweiten Kettfaden anzuheben und den Schuss leichter eintragen zu können.

Heute werden Kettfäden von großer Länge auf Walzen gewickelt, so dass der fertige Stoff am laufenden Meter produziert und aufgerollt werden kann. Frühe Abbildungen des antiken Webstuhls zeigen, dass die Kettfäden damals gar nicht aufgewickelt wurden, oder aber sich an der gleichen Walze befinden, die auch den Stoff trägt. Die für das Weben nötige Spannung wurde dadurch erzielt, dass man die Kettfäden zu Gruppen zusammenfasste und Gewichte befestigte. Der Webstuhl stand daher aufrecht und hieß bei den Griechen *histos orthios*, bei den Römern *tela recta*: (auf)rechter Webstuhl.

Die Abbildung unten zeigt ein Diagramm mit den wichtigsten Teilen des Webstuhls und ihren Bezeichnungen. Wenn der Litzenstab (*kanon*) auf den Kettfäden ruht, wird ein so genanntes natürliches Fach gebildet, weil die Hälfte der Fäden vor einem unteren Querbalken, dem *kairos*, hängt. Wird der *kanon* angezogen, bildet sich das künstliche Fach und alle restlichen Kettfäden kommen nach vorne.

Die Bedeutung des Wortes *kanon* als Litzenstab am Webstuhl ist älter als spätere übertragene Bedeutungen und findet sich schon bei Homer. Der *kanon* sorgt für das regelmäßige Bindungsmuster des Gewebes und sein Name ist auf die ordnenden und normierenden Werkzeuge der Musiker und Baumeister übergegangen. Auch das lateinische Wort für den Litzenstab: *regula*, kennen wir heute noch als Grundlage aller Wörter, die mit Regeln und Gesetzen zu tun haben. Und das Schiffchen, griechisch *penion,* heißt in der Lateinischen Sprache *radius*. Für die Befestigung der Kettfäden am *kanon* benutzte man meist einen stabilen Leinenfaden und dessen Name *linum* ging über auf die Wörter Linie (lat. *linea*) und Lineal (lat. *regula*).

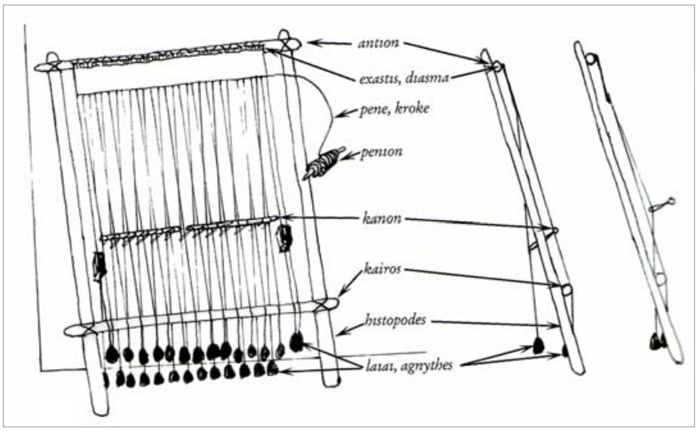


Diagramm eines griechischen Gewichtswebstuhls mit den Namen der wichtigsten Bestandteile

Die Bedeutung des Ordnens

Das Anzetteln der Kettfäden heißt im lateinischen *ordior* und ist Stammwort aller Wörter, die mit dem Ordnen zu tun haben. Auch der französische Name für den Computer, *ordinateur*, stammt von diesem Wort ab.

Der enge Zusammenhang der Webterminologie mit späteren Bezeichnungen für das Ordnen, Regeln und Messen verwundert nicht, wenn man weiß, wie komplex die Weberei von Mustern und Bildern ist. Der antike Webstuhl erscheint auf den ersten Blick primitiv, aber man kann auf ihm nicht nur einfache Gewebe, sondern auch gemusterte Gewebe, Bildgewebe und sogar Doppelgewebe herstellen. Eine der ältesten bisher gefundenen Abbildungen des Gewichtswebstuhls zeigt ein sehr kompliziertes Muster mit geometrischen Motiven. Aber jedes geometrische Motiv stellt in der Weberei eine arithmetische Aufgabe dar: es muss in Zahlverhältnisse übersetzt werden, die sich nach dem dualen Prinzip des Auf und Ab der Kettfäden richten und es muss, wenn es sich wiederholt, in die Breite des Gewebes eingepasst werden. Die Musterweberei erfordert daher gute Kenntnisse der Teilbarkeitseigenschaften von Zahlen. Weil die Dichte von Kett- und Schussfäden sich oft unterscheidet, muss man auch die Proportionenlehre beherrschen.

Teller aus Zypern mit der Darstellung eines Webstuhls, ca. 850-750 v. Chr., Antikensammlungen der Universität Bonn

Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

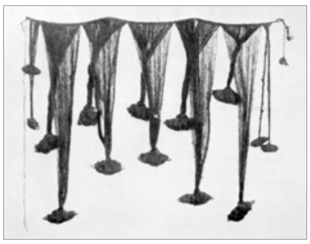
Das Anfangsband und die Besonderheiten der Musterung

Das Mustern des Gewebes wird durch eine Besonderheit des Gewichtswebstuhls zugleich erschwert und vereinfacht. Die Kettfäden werden nämlich nicht lose an dem Webstuhl befestigt. Man webte zunächst ein Band, das so lang war, wie das spätere Gewebe breit sein sollte. Die Schussfäden dieses Bandes zog man an einer Seite so weit heraus, wie das Gewebe lang werden sollte. Dann befestigte man das Band am Webstuhl und die langen herabhängenden Fäden dienten als Kettfäden des Gewebes, an die die Gewichte angeknotet wurden.

Schon beim Weben dieses Anfangsbandes wurden die Fäden gruppiert: die geradzahligen und die ungeradzahligen jeweils in eigenen Bündeln, wie es ein alter Textilfund aus Stavanger in Norwegen (Bild unten links) zeigt. Das Band blieb am Gewebe und konnte an den Seiten fortgesetzt werden, so dass das fertige Tuch nicht abgeschnitten werden musste. Die Säume und Kanten waren von Anfang an mit in das Gewebe integriert.

Das bedeutet aber, dass man die Musterrapporte sehr präzise an das vorgewebte Band anpassen muss. Und es bedeutet, dass man schon beim Weben dieses Bandes genau überlegen muss, welche Folgen die Musterung oder die Anzahl der eingetragenen Fäden für das Gesamtgewebe hat. Ist nämlich die Anzahl der eingetragenen Schussfäden (der späteren Kettfäden) eine Primzahl, so kann man keinen Rapport weben. Es ist klar, dass Fadenzahlen mit vielen Teilern für Musterungen am vorteilhaftesten sind.

Auch wenn die Anfangsbandtechnik zunächst wie eine Erschwernis für das Mustern erscheint, so kann sie auch gerade hilfreich sein. Die meisten Gewebe der Antike zeigen aufwändig gemusterte Säume. Man kann an einem gemusterten Anfangsband die Teiler der Kettfadenanzahl direkt ablesen, weil das Muster selbst die Kettfadenzahl als Vielfaches der Musterfadenzahlen erzeugt. Bei einer Nachbildung eines solchen Gewebes im Rahmen der Ausstellung „Penelope rekonstruiert“ wurde als Bandmuster ein laufender Hund gewebt, dessen Musterrapport 8 Fäden umfasst. Sind die Randmuster vollständig gewebt, so weiß man, dass die Kettfadenzahl durch 8, durch 4 und durch 2 teilbar ist und kann entsprechende Muster für das Gewebe auswählen.



Anfangsband aus Stavanger

Nachgebildete Anfangskante mit laufendem Hund

Die dyadische Arithmetik…

Es gab in der griechischen Antike eine besondere Art der Arithmetik, die eine Handhabung der Musterung enorm erleichterte: die Lehre von Gerade und Ungerade, manchmal auch dyadische (also zweiwertige) oder auch pythagoreische Arithmetik genannt. Sie unterscheidet und ordnet Zahlen nach Teilbarkeitseigenschaften und ihre Sätze geben an, wie man Zahlen mit bestimmten Eigenschaften erzeugt oder die Eigenschaften der erzeugenden Zahlen aus einer vorliegenden Zahl erschließt.

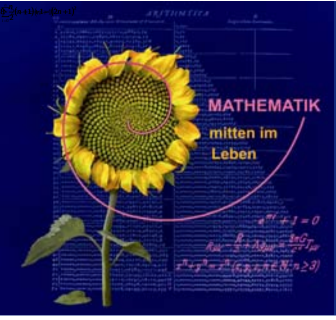
Man vermutet, dass Pythagoras diese Zahlenlehre aus den musikalischen Harmonien entwickelt hat und Iamblichos erzählt über deren Entdeckung folgende Geschichte:

„Pythagoras ging einst an einer Schmiede vorbei und hörte die unterschiedlichen Tonhöhen des Hammers auf dem Amboss. Neugierig geworden über die Ursache dieser Töne ging er hin, wog die Hämmer und baute zu Hause folgendes Experiment auf: „…an einem einzigen Pflock … befestigte er vier Saiten aus gleichem Material, mit gleich vielen Strängen, gleich dick und gleich gedreht, und hängte eine nach der anderen auf, wobei er am unteren Teil ein Gewicht anband und dafür sorgte, dass die Längen ganz und gar gleich waren.“

Die Beschreibung dieser Vorrichtung passt auch auf einen griechischen Webstuhl. Und so ähnlich hat Gaffurio sich im 15. Jahrhundert ein solches Instrument zur Erforschung der Harmonien auch vorgestellt (vgl. Abbildung). Es sieht wie ein Gewichtswebstuhl aus, der zur leichteren Handhabung auf einen Tisch gelegt wurde.

Doch die nette Geschichte von Iamblichos erklärt die Entdeckung der zahlreichen Sätze und Beweise nicht, die Euklid für die dyadische Arithmetik überliefert hat. Die griechische Zahldarstellung kannte zur Zeit des Pythagoras kein Stellenwertsystem, welches die Auffindung von Teilbarkeitseigenschaften erleichtert hätte. Auch in dieser Hinsicht wäre der Webstuhl mit seinen abzählbaren Mustern zur Auffindung solcher Eigenschaften gut geeignet. War vielleicht die Musterweberei der Ausgangspunkt der dyadischen Arithmetik?

Pythagoras ging davon aus, dass alle Dinge aus Zahlen gemacht sind. Schon in der Antike hat man sich über diese Zahlauffassung Gedanken gemacht. Aristoteles machte sich darüber ein wenig lustig als er über den Pythagoreer Eurytos schrieb, dass er „ …wie diejenigen, welche die Zahlen in die Gestalten vom Dreieck und Viereck stellen, so mit Rechenpfennigen Gestalten denen der Pflanzen ähnlich bildete… „ Diese Rechenpfennige oder *psephoi* gelten oft als Ursprung der dyadischen Arithmetik.

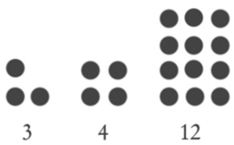


8. Münchner Wissenschaftstage

18.-21. Oktober 2008

Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

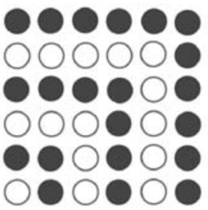
Die Rechensteine



Wie hat man sich die Verwendung solcher Steine vorzustellen? Nach Thales ist die Zahl ein Gefüge von Einheiten und so kann man jedes Steinchen als Einheit auffassen und die entsprechenden Anzahlen zu Formen zusammenfügen.

Die Zahlen werden dann nach den Formen benannt, die man mit ihnen bilden kann. So gibt es zum Beispiel Dreieckszahlen (3, 6, 10 etc.), Quadratzahlen (4, 9, 16 etc.), Rechteckzahlen (6, 12 etc.) und so weiter.

Je nachdem, wie man die Steine anordnet und zu Gruppen zusammenfasst, kann man recht komplexe Sachverhalte darstellen und erkennen, die wir heute algebraisch darstellen, für die es aber in der Antike keine geeignete Darstellungsmethode gab. Es gab lange keine Ziffernschreibweise und keine Stellenwertsysteme.



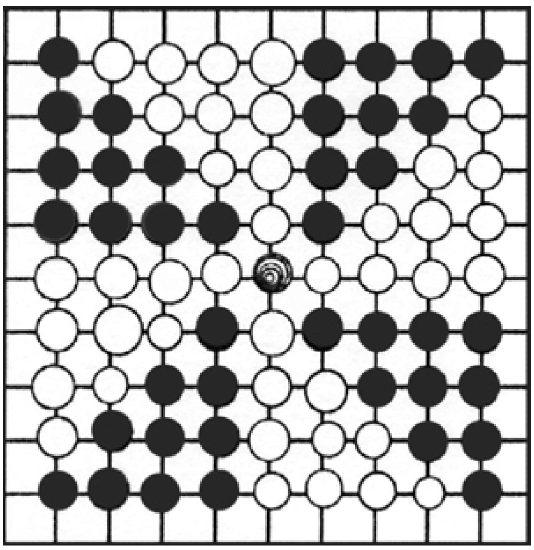
Man kann zum Beispiel die Summenformel

$$\sum_{i=0}^{n} 2i+1=(n+1)^2$$

als solch eine Rechensteinfigur darstellen und den behaupteten Sachverhalt leicht einsehen: Die Summe aufeinander folgender ungerader Zahlen ist eine Quadratzahl – so haben die Griechen es formulieren müssen, da es keine Algebra in unserem Sinne gab.

Ein weiteres Beispiel ist schon früh bei Philolaos erwähnt und lässt sich durch eine Rechensteinfigur veranschaulichen: Jede achtfache Dreieckszahl ist um eine Einheit kleiner als eine Quadratzahl. Wir würden heute schreiben:

$$8\cdot\frac{n}{2}(n+1)+1=(2n+1)^2$$



Die dyadische Arithmetik…

Beispiele für Definitionen der dyadischen Arithmetik

Def. 1 Einheit ist das, wonach jedes Ding eines genannt wird.

Def. 2 Zahl ist die aus Einheiten zusammengesetzte Menge.

Def. 6 Gerade ist die Zahl, die sich halbieren läßt;

Def. 7 und ungerade die, die sich nicht halbieren läßt, oder die sich um die Einheit von einer geraden Zahl unterscheidet.

Def. 8 Gerademal gerade ist die Zahl, die sich von einer geraden Zahl nach einer geraden Zahl messen läßt;

Def. 9 gerademal ungerade ist die, die sich von einer geraden Zahl nach einer ungeraden Zahl messen läßt;

Def. 10 ungerademal ungerade ist die Zahl, die sich von einer ungeraden Zahl nach einer ungeraden Zahl messen läßt.

Beispiele für Sätze der dyadischen Arithmetik

Satz 21 Setzt man beliebigviele gerade Zahlen zusammen, so ist die Summe gerade.

Satz 22 Setzt man beliebigviele ungerade Zahlen zusammen und ist ihre Anzahl gerade, so muß die Summe gerade sein.

Satz 24 Nimmt man von einer geraden Zahl eine gerade weg, so muss der Rest gerade sein.

Satz 31 Wenn eine ungerade Zahl gegen irgendeine Zahl prim ist, dann muß sie auch gegen deren doppeltes prim sein.

Satz 32 Jede der Zahlen, die durch Verdoppelung von der Zwei aus entstehen, ist ausschließlich gerademal gerade.

Satz 33 Eine Zahl, deren Hälfte ungerade ist, ist ausschließlich gerademal ungerade.

Satz 34 Wenn eine (gerade) Zahl weder zu denen gehört, die durch Verdoppelung von der Zwei aus entstehen, noch eine ungerade Zahl als Hälfte hat, dann ist sie sowohl gerademal gerade als auch gerademal ungerade.

Aias und Achilles beim Brettspiel. Vielleicht wurden diese Spielsteine als Rechensteine verwendet? (Umzeichnung von einer antiken Vase)

M·F·A
MVSEVM FÜR ABGÜSSE KLASSISCHER BILDWERKE MÜNCHEN

Deutsches Museum

Wissenschaftsjahr 2008
Jahr der Mathematik

8. Münchner Wissenschaftstage

18.-21. Oktober 2008

Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

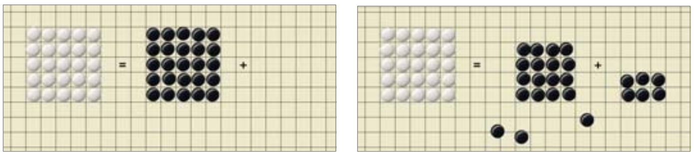
Inkommensurable Größen und der indirekte Beweis

Die große Leistung der griechischen Mathematik ist deren konsequente Durchführung als formallogisches System. Zwei Erfindungen oder Entdeckungen waren dabei ganz entscheidend: die indirekte Beweismethode und die Entdeckung inkommensurabler Größen, also modern gesprochen die Tatsache, dass es Proportionen gibt, die sich nicht mit ganzen Zahlen ausdrücken lassen (wir sprechen heute von irrationalen Zahlen). Das bekannteste Beispiel ist das Verhältnis von Seite und Diagonale. Deren Inkommensurabilität wird in den Elementen des Euklid durch einen indirekten Beweis gezeigt, für den die dualistische Zahleigenschaft des Gerade- oder Ungeradeseins entscheidend ist.

Man nimmt an, dass ein gemeinsames Maß von Seite b und Diagonale a existiert. Dann leitet mit Hilfe des Satzes von Pythagoras (in diesem Fall: $a^2 = 2b^2$) ab, dass b sowohl gerade als auch ungerade sein müsste. Durch diesen Widerspruch ist das Gegenteil der Annahme bewiesen.

Der Beweis benutzt die Voraussetzung, dass man zwei Zahlen so lange kürzen kann, bis sie gegeneinander prim sind. Weil dies nicht leicht zu beweisen ist, vermutet man, dass es zunächst einen Rechensteinbeweis gab, für den diese Voraussetzung nicht notwendig war.

Bei einem solchen Beweis müsste man ein Quadrat so verdoppeln, dass wiederum ein Quadrat entsteht, bzw. ein Quadrat so zerlegen, dass zwei gleich große Quadrate entstehen.



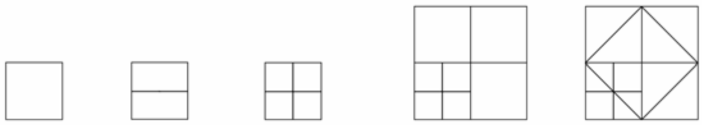
Geometriestunde mit Sokrates: Verdoppele ein Quadrat!

In der berühmten „Geometriestunde" in Platons Dialog *Menon* wird eine Quadratverdoppelung vorgeführt. Ein unwissender Knabe soll diese Aufgabe lösen und Sokrates will damit zeigen, dass jeder Mensch die mathematischen Ideen von Geburt an in sich trägt.

Sokrates zeichnet ein Quadrat von zwei Fuß Seitenlänge (rechts, erste Zeichnung), teilt es in je zwei Teile (Zeichnungen 2 und 3) und fragt nach dem Flächeninhalt. Der Knabe antwortet: 4 Fuß (wir würden 4 Fuß im Quadrat sagen). Auf die Aufforderung, dieses Quadrat zu verdoppeln antwortet der Knabe richtig: 8 Fuß, schlägt aber für die Zeichnung eine Verdoppelung der Seitenlänge vor. Als Sokrates ihn darauf hinweist, dass das Quadrat nun 16 Fuß groß ist (Zeichnung 4) reduziert er die Länge der Seite auf drei Fuß; dies ergibt aber für die Fläche 9 Fuß und schließlich sagt der Knabe: „Es geht nicht."

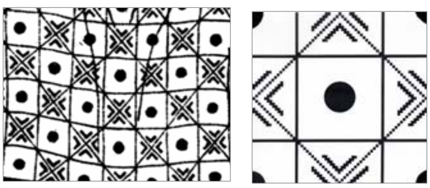
Die Lösung wird erst durch die Diagonale gefunden, die Sokrates nun einzeichnet. Dies ergibt 4 Dreiecke von zwei Fuß Flächeninhalt, also die gesuchten 8 Fuß und die Diagonale ist die gesuchte Seitenlänge.

Der Dialog zeigt nicht nur, wie man die Aufgabe geometrisch löst, sondern auch, dass sich für die Länge der Diagonale eine Zahl kaum ermitteln lässt. Doch Sokrates schweigt zu diesem Problem.

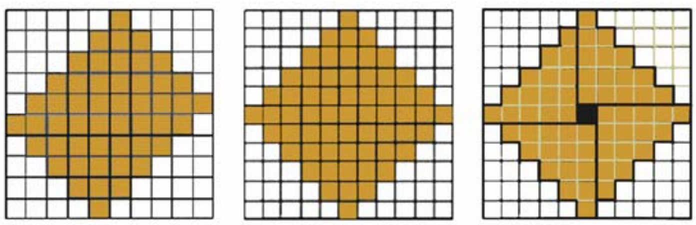


Die Quadratverdoppelung in der Weberei

Stellen wir uns vor, der Knabe geht, stolz auf das Gelernte, nach Hause und begegnet dort seiner Schwester in ihrem selbst gewebten Gewand, das eine solche Figur zeigt. Jetzt will er die schuldige Antwort wissen und zählt die Fadenkreuze, stellt aber fest, dass es nicht auskommt. Und die Schwester erklärt ihm, warum: Wenn sie sich das Muster überlegt, muss sie analog zum Menon-Beispiel das vervierfachte Quadrat als Ausgangspunkt nehmen, welches die Breite des Musters vorgibt.



Die Fadenanzahl dieses Rapports muss auf jeden Fall geradzahlig sein, wenn es sich um eine verdoppelte Länge handelt. Mit einer derartigen Fadenzahl kann man aber das auf der Spitze stehende, halb so große Quadrat des Musters nicht weben, weil es keinen mittleren Faden gibt, dessen Fadenkreuz die Spitze der Seite bilden könnte (vgl. unten links).
Wählt man versuchsweise einen ungeradzahligen Rapport (der aber bei einer verdoppelten Zahl nicht vorliegen kann), so ist eine optisch perfekte Lösung möglich (vgl. unten, Mitte), aber das mittlere Quadrat enthält stets einen Bindungspunkt zu viel – und das hat der Knabe bei Zählen der Fäden am Peplos der Schwester auch festgestellt.



M·F·A
MVSEVM FVR ABGVSSE
KLASSISCHER BILDWERKE
MVNCHEN

Deutsches Museum

Wissenschaftsjahr 2008
Jahr der Mathematik

Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

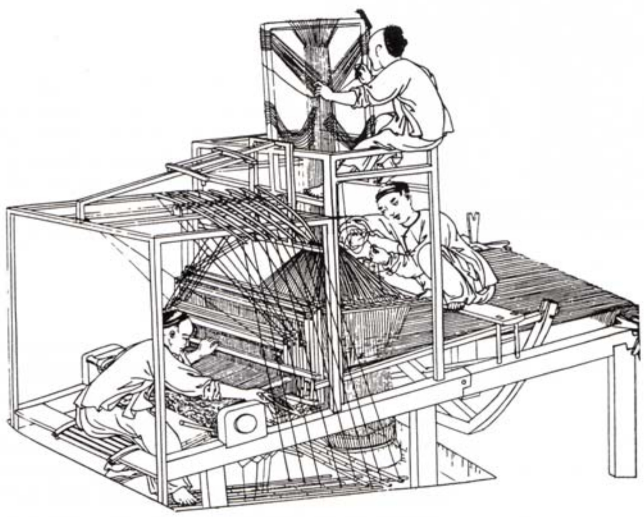
Leibniz und China

In einem Brief an den Kaiser von China legte der Mathematiker und Philosoph Gottfried Wilhelm Leibniz im Januar 1697 eine dyadische Arithmetik aus Null (dem Nichts) und Eins (Gottes Wort) dar. Er schrieb: „Alles kann mit dieser Methode gelöst werden.“ Deshalb kündigt er an, „dass man mit dieser Dyadik auch eine Rechenmaschine bauen könnte.“

In der Weberei wird stets auf dyadischer Grundlage gearbeitet. An jeder Kreuzung von Kett- und Schussfaden gibt es nur Null (Kettfaden oben) und Eins (Kettfaden unten). Und auf dem Gewebe kann alles mit dieser Methode dargestellt werden.

Schon in den ersten Jahrhunderten n. Chr. Stellte man in China komplexe Bildgewebe auf Webstühlen mechanisch her. Diese Zugwebstühle arbeiten mit einem zusätzlichen Fadensystem, das die Anhebung bestimmter Kettfadengruppen ermöglichte. Allerdings brauchte man dazu einen Ziehjungen, der oben auf dem so genannten Harnisch saß und nach jedem Tritt des Webers an den richtigen Fäden zog (die dritte Person im unteren Bild ist damit beschäftigt, die Ketttfäden zu reparieren, die während des Webens gerissen sind).

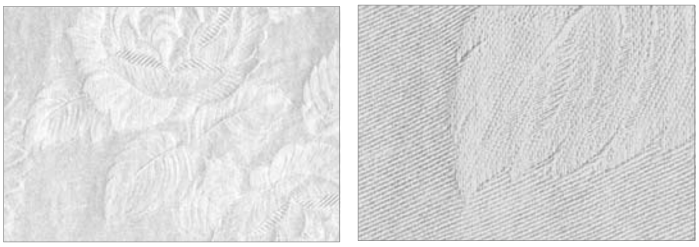
Für diese Technik der Zugweberei wurden im 15. Jahrhundert die italienischen Seidenwebereien berühmt. Sie ist nicht nur wegen des zusätzlichen Arbeiters aufwändig. Es muss für den Stoff zunächst eine Patrone gezeichnet werden. Das ist eine Zeichnung, in der jedes einzelne Fadenkreuz eingezeichnet werden kann. Mit Hilfe dieser Patrone wird dann der Webstuhl eingerichtet, das heißt, die Kettfäden werden in die Schäfte und Harnischschnüre des Webstuhls eingezogen. Dann werden die Harnischschnüre sortiert und für jeden Schuss gebündelt. Bei komplizierten Stoffen konnte alleine diese Einrichtung des Webstuhls ein Jahr dauern.



Chinesischer Zugwebstuhl, ca. 17. Jahrhundert.

Berechnete Blumen und Blätter

Ein auf einem solchen Webstuhl hergestelltes Gewebe kann uns Blumen und Blätter zeigen, obwohl der gesamte Stoff aus demselben weißen Garn gemacht ist. Nur die Anordnung des Auf-und-Ab der Fäden erzeugt den Effekt des Bildes. Es ist die unterschiedliche Brechung des Lichtes durch die verschiedenen Fadenrichtungen, die uns Blätter und Blumen sehen lässt und diese ist nicht dem Zufall überlassen, sondern durch die abzählbare Ordnung der Fäden determiniert, die auf einem dualen Prinzip beruht.



Blüten und Blätter auf einem Damastgewebe. Rechts: Ausschnitt

Jacquard und Babbage

Die Abendgesellschaften bei Charles Babbage waren im London des 19. Jahrhunderts ein wichtiger Treffpunkt für Intellektuelle. Man wusste, dass er an der Entwicklung von Rechenmaschinen arbeitete und seine Fortschritte gerne an solchen Abenden vorstellte. Auf einer solchen Soirée zeigte Babbage ein Porträt des Erfinders Joseph-Marie Jacquard und sagte: „Dieses Bild ist sehr hilfreich, um das Wesen meiner Rechenmaschine zu erklären.“

Es handelte sich um ein Bild, das auf dem Webstuhl gewebt worden war, dessen Steuervorrichtung Jacquard selbst erfunden hatte. Diese Jacquardmaschine ersetzte den Harnisch der Zugwebstühle und machte durch eine Lochkarten-steuerung auch den Ziehjungen über-flüssig, so dass nun ein einzelner Weber einen hochkomplexen Stoff fertigen konnte, ohne sich um das Muster kümmern zu müssen. Der gesamte komplexe Mechanismus der Auswahl der Harnischschnüre wurde jetzt über die ausgestanzten Löcher einer Lochkarte gesteuert.

Oben: Jacquardgewebe mit dem Portrait von Joseph-Marie Jacquard

Ada Lovelace, die Konzepte zur Programmierung von Babbages zweiter Rechenmaschine, der Analytical Engine entwarf, beschrieb deren Funktionsweise folgendermaßen: sie „webt algorithmische Muster, genauso wie der Jacquard-Webstuhl Blumen und Blätter webt.“

8. Münchner Wissenschaftstage

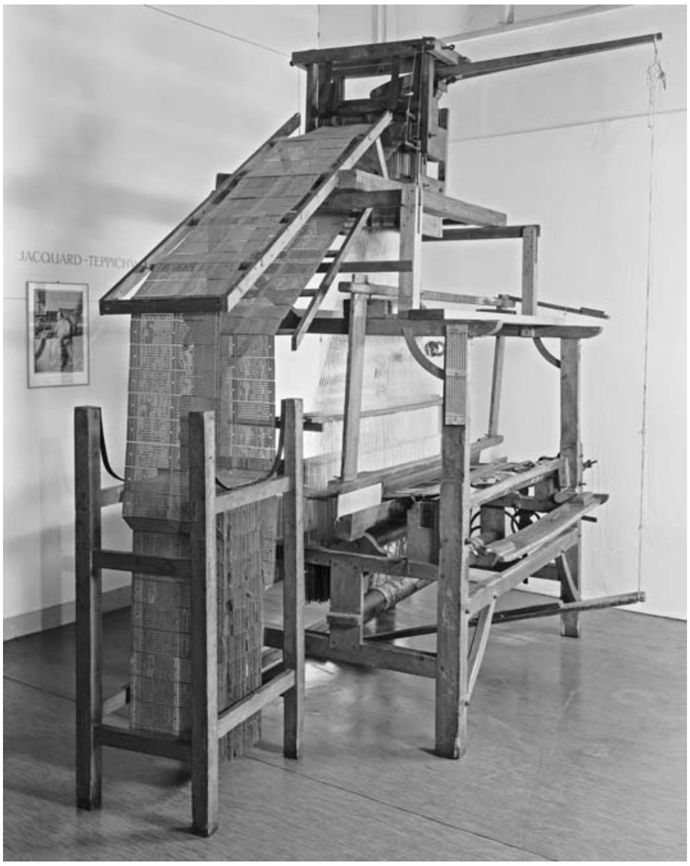
18.-21. Oktober 2008

Arithmetik und Weberei
Von Penelopes Webstuhl bis zum Computer

Bröselmaschine und Jacquardmaschine

Die Jacquardmaschine war die erfolgreichste, aber nicht die erste Maschine dieser Art. Im Mühlviertel in Oberösterreich hatten Weber schon zu Beginn des 18. Jh. ohne Ziehjungen weben können. Sie benutzten eine so genannte Bröselmaschine. Auf einen Leinwandstreifen wurden Holzklötzchen (Brösel) aufgeklebt, die von Metallnadeln abgetastet wurden um die entsprechenden Kettfäden anzuheben. Jacquards Lochkartenmaschine funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip: beim Abtasten reagiert der Mechanismus aber nicht auf eine Erhebung, sondern auf das Loch in der Karte.

Jacquardprisma über das die zu langen Ketten aneinander geschnürten Lochkarten beim Weben laufen.



Kartenschlagmaschinen

Das Schlagen der Karten nach einer Patronenzeichnung des Bildgewebes blieb eine aufwändige Aufgabe, aber die Lochkartenstreifen konnten wieder verwendet werden. Es war das Prinzip dieser Lochstreifen, das die Erfindung Jacquards so erfolgreich machte und sich für die Steuerung von Maschinen als sehr effektiv erwies. Herman Hollerith setzte die Lochkartensteuerung in großem Maßstab für statistische Zwecke ein und hier beginnt die Erfolgsgeschichte des modernen Computers, der nahezu Alles auf der Grundlage eines dualen Codes von Null und Eins darstellen kann, so wie die Bildgewebe schon seit mehreren tausend Jahren auf der Grundlage des dualen Auf und Ab der Kettfäden nahezu alles darstellen konnten.

Jacquard-Kartenschlagmaschine der Münchener Seiden-Kunstweberei vorm. Gerdeisen, um 1920, Foto: Deutsches Museum

Oben: Maschine zum Lochen von Hollerithkarten, um 1890, Objektsammlungen des Deutschen Museums, Foto: Deutsches Museum

Links: Webstuhl mit Jacquardmaschine, Objektsammlungen des deutschen Museums, Foto: Deutsches Museum

M·F·A
MVSEVM FVR ABGVSSE KLASSISCHER BILDWERKE MVNCHEN

Deutsches Museum

Wissenschaftsjahr 2008
Jahr der Mathematik