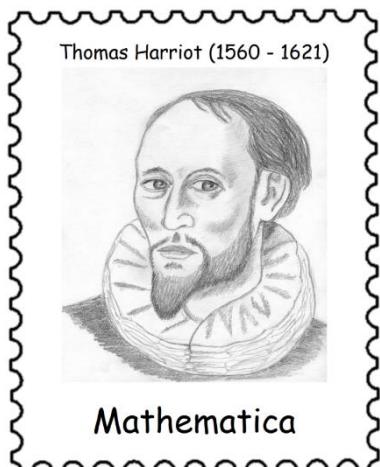


Mai 2015

Vor 455 Jahren geboren

THOMAS HARRIOT

(1560 - 02.07.1621)



Zeichnung © Andreas Strick 2015

Über THOMAS HARRIOT, der sich im Alter von 17 Jahren an der Universität Oxford einschreibt, ist nur bekannt, dass er aus einfachen Verhältnissen stammt (sein Vater wird als *plebeian* bezeichnet). 1580 legt er seine Bachelor-Prüfung ab und geht nach London. Dort tritt er 1583 in die Dienste von WALTER RALEIGH ein, der als Führer einer englischen Kompanie mit dazu beigetragen hatte, Irland zu unterwerfen, und seitdem als Berater am Hofe Königin ELIZABETH I. tätig ist. RALEIGH, 1585 von der Königin in den Ritterstand erhoben, verfolgt das ehrgeizige Ziel, Kolonien in der Neuen Welt zu gründen.



Bei der Vorbereitung der Expeditionen ist HARRIOT sein wichtigster Mitarbeiter: Zu seinen Aufgaben gehört die Schulung der Kapitäne und Offiziere in den neuesten Navigations-techniken, die optimale Gestaltung und Ausstattung der Schiffe, die Auswahl der Seeleute und nicht zuletzt die Buchhaltung des Projekts. In dieser Zeit verfasst HARRIOT eine (verloren gegangene) Schrift, in der u. a. beschrieben ist, wie man aus den Positionen der Sonne und des Polarsterns den Breitengrad des Beobachtungsorts bestimmen kann.

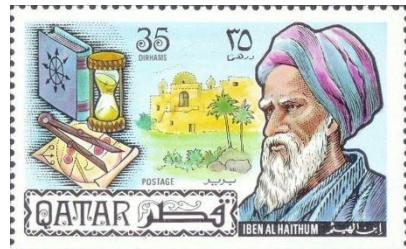
Die bei der ersten Expedition gegründete Siedlung Roanoke Island (im heutigen North Carolina gelegen) muss bereits im folgenden Jahr aufgegeben werden. Es ist nicht gesichert, ob HARRIOT selbst an dieser Expedition teilgenommen hat; von einer zweiten bringt er umfangreiche Notizen über Sprache und Gewohnheiten der Ureinwohner mit. In seinem Bericht empfiehlt er den Import von Tabak, den er vor Ort kennengelernt hat. Bis es zur Gründung einer Kolonie kommt, die zu Ehren der unverheirateten, also jungfräulichen Königin den Namen Virginia erhält, vergehen noch Jahrzehnte, weil zunächst spanische Kriegsschiffe eine dauerhafte Niederlassung verhindern können. – RALEIGH, der selbst an keiner der Expeditionen in die Neue Welt teilgenommen hat, verliert das Interesse an der Gründung einer Kolonie, zieht sich auf seine Güter in Irland zurück und beauftragt HARRIOT mit deren Verwaltung.

MO	DI	MI	DO	FR	SA	SO
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

In den 1590er Jahren wechselt HARRIOT in die Dienste von HENRY PERCY, dem Herzog von Northumberland. Dieser hat großes Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und bietet HARRIOT die Rahmenbedingungen für eigene Forschungen.

1601 entdeckt HARRIOT, dass sich der Übergang zwischen zwei optischen Medien durch einen Brechungsindex beschreiben lässt, der sich aus dem Verhältnis der Sinus der Winkel von einfallendem und ausfallendem Strahl berechnet. Dieses Brechungsgesetz wird 20 Jahre später vom holländischen Astronom und Mathematiker WILLEBRORD VAN ROIJEN SNELL (SNELLIUS) wiederentdeckt, aber erst 1637 durch DESCARTES veröffentlicht. Der allererste Entdecker war wohl der persische Gelehrte ABU SAD AL-ALA IBN SAHL, der im Jahr 984 eine Schrift verfasste, auf die sich 1021 auch IBN AL-HAITHAM (ALHAZEN) in seinem *Schatz der Optik* bezog.

Bei seinen Untersuchungen der Flugbahn von Geschossen vollzieht HARRIOT den Schritt der Zerlegung der Bewegung in eine horizontale und eine vertikale Komponente, realisiert den Einfluss des Luftwiderstandes und erkennt die parabelförmige Gestalt der Flugbahn, ist aber noch nicht in der Lage, sich von der Lehre des ARISTOTELES zu lösen, nach der schwere Körper stets schneller fallen müssen als leichte.



Als Königin ELIZABETH I. 1603 stirbt, beansprucht der schottische König JAMES I. als Ururenkel von HENRY VII. auch den englischen Thron. SIR WALTER RALEIGH, der Günstling ELIZABETHS, gerät in den Verdacht, sich an einer Verschwörung gegen den neuen König beteiligt zu haben; nach kurzem Prozess wird er zum Tode verurteilt. HARRIOT versucht ihm beizustehen - aus christlicher Nächstenliebe, wie er sagt. Da er aber wegen seiner naturwissenschaftlichen Forschungen als Atheist gilt, schadet seine Fürsprache mehr, als dass sie hilft. Zwar wird RALEIGH zu lebenslanger Haft im Tower of London „begnadigt“, nun aber steht auch HARRIOT unter Beobachtung.

Im Jahr 1605 werden GUY FAWKES und andere bei dem Versuch entdeckt, das Parlamentsgebäude in die Luft zu sprengen. In der Folge werden HARRIOT und auch sein Förderer HENRY PERCY verhaftet. HARRIOT wird vorgeworfen, er habe durch das Anfertigen eines Horoskops über den König dessen Zukunft beeinflussen wollen. Zwar wird er nach wenigen Monaten wieder freigelassen; der Herzog bleibt aber noch bis zum Jahr 1621 als Gefangener im Tower.

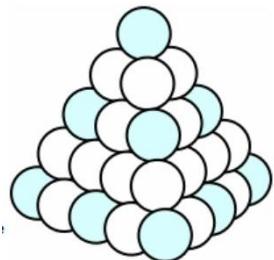
HARRIOT zieht sich zurück und vertieft sich in seine optischen Untersuchungen. Er beschäftigt sich mit der Zerlegung des Lichts in Farben und entwickelt eine Theorie des Regenbogens. Als 1607 ein Komet erscheint, fertigt er umfangreiche Notizen an, die 200 Jahre später FRIEDRICH WILHELM BESEL dazu dienen werden, die Bahn des Kometen (es handelt sich um den HALLEY'schen Kometen) exakt zu berechnen. Mit

seinem selbst gebauten Teleskop beobachtet er die Oberflächenstruktur des Erdmondes (noch vor GALILEI) und den jeweiligen Umlauf der vier großen Jupitermonde. Als Erster entdeckt er die Sonnenflecken und berechnet aus 199 Beobachtungsdaten die Rotationsdauer der Sonne, veröffentlicht jedoch nichts - aus Angst, dass ihm diese Erkenntnisse erneut Ärger bereiten könnten.



Trotz der „Begnadigung“ zu lebenslanger Haft wird RALEIGH im Jahr 1618 öffentlich hingerichtet; dabei wird HARRIOT gezwungen, den Vorgang als Zeuge zu bestätigen. Dies und eine unheilbare Krebserkrankung tragen dazu bei, dass er in seinen letzten drei Lebensjahren keine Kraft mehr hat, sich neuen Herausforderungen zu stellen.

Zu den vielfältigen Fragestellungen, mit denen sich HARRIOT im Laufe der Jahre beschäftigte - im Nachlass fand man über 4000 Seiten mit Notizen - gehörte auch ein Problem, das ihm RALEIGH zum Stapeln von Kanonenkugeln stellte. HARRIOT löste es für zwei Fragestellungen: *Wie viele Kanonenkugeln sind in einer Pyramide mit einer bestimmten Höhe enthalten, wenn die Grundfläche dreieckig bzw. quadratisch ist? Wie sollte eine Pyramide angelegt werden, wenn man eine bestimmte Anzahl von Kugeln hat?* HARRIOT teilte u. a. auch KEPLER seine Lösung mit, der sich daraufhin mit dem Problem der dichtesten Kugelpackung beschäftigte und vergeblich nach einem Beweis für die intuitive Vorstellung suchte, dass eine hexagonale Anordnung optimal ist (der Beweis hierfür gelang erst 1998).



Seit dem Altertum beschäftigten sich Mathematiker mit figurierten Zahlen, u. a. mit den Dreieckszahlen 1, 3, 6, 10, 15, ... und mit den Pyramidenzahlen 1, 4, 10, 20, 35, ... (Grundfläche: gleichseitiges Dreieck, vgl. Abb. / Quelle: www.ibmathresources.com). HARRIOT untersucht in einer Schrift *De Numeris Triangularibus et inde De Progressionibus Arithmeticis Magisteria Magna* (Über Dreieckszahlen und hieraus ein großer Lehrsatz über arithmetische Progressionen) Gesetzmäßigkeiten zwischen den zugrundeliegenden Zahlenfolgen. Dabei fällt ihm auf, dass die Zahlenfolgen in einer Weise ergänzt werden können, wie man der Tabelle rechts entnehmen kann:

Addiert man alle Zahlen in einer Zeile (bzw. Spalte) bis zu einer bestimmten Stelle, dann ergibt sich als Summe genau die Zahl, die in der nächsten Zeile (bzw. Spalte) an dieser Stelle steht. Umgekehrt ergeben sich die Zahlen aus der vorangehenden Zeile (bzw. Spalte) durch Differenzbildung der Folgenglieder einer Zeile (bzw. Spalte).

units	1	1	1	1	1	1	1
laterals	1	2	3	4	5	6	7
triangulars	1	3	6	10	15	21	28
pyramidal	1	4	10	20	35	56	84
	1	5	15	35	70	126	210
	1	6	21	56	126	252	462
	1	7	28	84	210	462	924

HARRIOT verallgemeinert diese Idee: Zu einer Folge von „Startwerten“ der einzelnen Spalten (hier grün unterlegt) können die weiteren Folgenglieder höherer Ordnung bestimmt werden. Umgekehrt kann man den Term zu einer gegebenen Zahlenfolge entwickeln, bei der die fortgesetzte Differenzbildung schließlich zu einer konstanten Folge führt - hierfür benötigt man nur die „Startwerte“ und Binomialkoeffizienten. Beispielsweise erhält man eine Formel für die Potenzsumme $\sum k^2$ mit $a = 2, b = 5, c = 4, d = 1$:

			1
		4	
	5		5
2		9	14
2	7	16	30
2	9	25	55
2	11	36	91

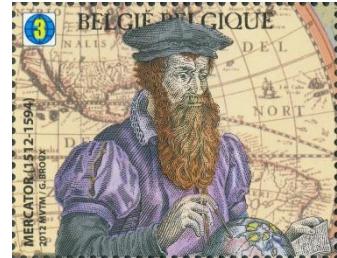
HARRIOT verallgemeinert diese Idee: Zu einer Folge von „Startwerten“ der einzelnen Spalten (hier grün unterlegt) können die weiteren Folgenglieder höherer Ordnung bestimmt werden. Umgekehrt kann man den Term zu einer gegebenen Zahlenfolge entwickeln, bei der die fortgesetzte Differenzbildung schließlich zu einer konstanten Folge führt - hierfür benötigt man nur die „Startwerte“ und Binomialkoeffizienten. Beispielsweise erhält man eine Formel für die Potenzsumme $\sum k^2$ mit $a = 2, b = 5, c = 4, d = 1$:

			d
a	b	c	
a	b+a	c+b	d+c
a	b+2a	c+2b+a	d+2c+b
a	b+3a	c+3b+3a	d+3c+3b+a
		c+4b+6a	d+4c+6b+4a
			d+5c+10b+10a

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = 1 \cdot \binom{n-1}{0} + 4 \cdot \binom{n-1}{1} + 5 \cdot \binom{n-1}{2} + 2 \cdot \binom{n-1}{3} = \frac{1}{3}n^3 + \frac{1}{2}n^2 + \frac{1}{6}n = \frac{1}{6} \cdot n \cdot (n+1) \cdot (2n+1).$$

Auch untersucht HARRIOT den Fall, dass alle oder einzelne Spaltenfolgen fallend sind. Hiermit entwickelt er eine Methode, wie man zu einer Zahlenfolge, bei der z. B. die zweite Differenz konstant ist, einzelne oder mehrere Zahlenwerte „passend“ einschieben, also interpolieren, kann. Seine Differenzenmethode demonstriert er an verschiedenen Beispielen. So stellt er fest, dass die Werte einer vorliegenden Sinustafel eine steigende Folge bilden, die erste Differenz eine (lineare) fallende Folge ist und die zweite Differenz konstant. Dann schiebt er neun Zwischenwerte so ein, dass wieder die erste Differenzfolge linear fallend und die zweite konstant ist. Auch benutzt er dieses Verfahren der Interpolation zur näherungsweisen Lösung von Gleichungen 4. Grades (hier hat die 4. Differenzenfolge konstante Werte).

Seit seiner Tätigkeit in RALEIGHS Diensten war HARRIOT fasziniert von den Globen und Seekarten des GERARDUS MERCATOR. Diesem war es Mitte des 16. Jahrhundert – durch eine geeignete Projektion der Erdkugel auf einen umgebenden Zylinder – gelungen, brauchbare Karten für die Seefahrt zu entwickeln.



Ein auf der Karte geradlinig eingetragener Kurs bedeutet, dass der Schiffskurs nicht mehr geändert werden muss; bei der Fahrt werden alle Längenkreise unter einem konstanten Winkel überquert. Die Geraden auf der Karte bilden spiralförmige Linien (Loxodrome) auf dem Globus. Während MERCATOR diese Kurven noch punktweise konstruierten musste, gelang HARRIOT im Jahr 1614 die Längenberechnung (Rektifikation) mithilfe infinitesimaler Methoden (also als Grenzwert von unendlichen Summen).

HARRIOTS Algebra-Buch *Artis Analyticae Praxis ad Aequationes Algebraicas Resolvendas* erschien posthum erst im Jahr 1631. Es zeigt, dass HARRIOT nach dem Tod von VIETA der führende Mathematiker Europas ist. Die von ihm durch Testament eingesetzten Herausgeber seiner „Algebra“ waren aber nicht in der Lage, die Fortschritte zu erkennen, die HARRIOT im Vergleich zu seinem Vorgänger VIETA gelungen waren – sie ließen z. B. seine Betrachtung negativer oder komplexer Lösungen außer Acht.

Beispielsweise löste HARRIOT eine Gleichung 4. Grades wie folgt:

$$\begin{aligned}
 a^4 - 6a^2 + 136a &= 1155 \\
 a^4 - 2a^2 + 1 &= 4a^2 - 36a + 1156 \quad | \sqrt{} \\
 a^2 - 1 &= 2a - 34 \qquad \qquad \qquad a^2 - 1 = 34 - 2a \\
 a^2 - 2a &= -33 \qquad \qquad \qquad a^2 + 2a = 35 \\
 a^2 - 2a + 1 &= -32 \qquad \qquad \qquad a^2 + 2a + 1 = 36 \quad | \sqrt{} \\
 a - 1 &= \sqrt{-32} \quad 1 - a = \sqrt{-32} \qquad a + 1 = \sqrt{36} \quad -a - 1 = \sqrt{36} \\
 a &= 1 + \sqrt{-32} \quad a = 1 - \sqrt{-32} \qquad a = \sqrt{36} - 1 = 5 \quad a = -\sqrt{36} - 1 = -7
 \end{aligned}$$

HARRIOT ließ bei Produkten von Variablen als Erster den Malpunkt weg; Potenzen notierte er, indem er Variablen wiederholte, also aa statt a^2 oder $aaaa$ statt a^4 . Auch das Gleichheitszeichen unterschied sich noch von dem heute gebräuchlichen Symbol.

Im Rückblick kann man feststellen, dass die Entwicklung der Mathematik in einigen Bereichen schneller fortgeschritten wäre, wenn HARRIOT seine Einsichten nicht nur einem engen Bekanntenkreis mitgeteilt hätte. So mussten sie Jahrzehnte später von anderen ein zweites Mal entdeckt werden.