Architektur, Gestaltun
und Bauingenieurwes

Mathematik verbindet

Zahl, Mass und Proportion

carte blanche

24 b

Seit einigen Jahren führen wir, das heisst Martin Huber und Karl Weber im Studiengang Mathematik für Architekten an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW in Winterthur, die Schlussprüfungen in Gestalt von Vorträgen durch. Die Studierenden wählen jeweis ein relevantes Thema, bearbeiten es mit unserer Hilfe und tragen dann an der Prüfung vor. Die Themen bewegen sich dabei von eigentlich mathematischen Fragen bis hin zur Anwendung mathematischer Werkzeuge auf Fragen des Gestaltens. Erfahrungsgemäss ist es oft diese letzte Arbeit im Fach Mathematik, welche den Studierenden die Augen öffnet für die Beziehungen zwischen den Disziplinen.

Im Sommer 2012 zeichneten sich einige Vorträge durch eine besonders sorgfältige Bearbeitung und Präsentation aus. Man erlebt es nicht alle Tage, dass Studierende sich bereit erklären, Probleme anzupacken wie zum Beispiel die Frage der geometrischen Konstruierbarkeit, die sich doch recht weit ausserhalb des Üblichen bewegen. Man muss sich immer bewusst sein, dass es ja um eine Prüfung ging und am Schluss die Bewertung steht. Wenn dann noch die Vorträge mit einer bemerkenswerten Souveränität dargeboten werden, dann kann schon der Wunsch entstehen, es nicht einfach dabei zu belassen. Als uns dann Stephan Mäder, der Vorsteher des Departements A der ZHAW die Möglichkeit offerierte, in der Schriftenreihe Carte Blanche einige Vorträge zu präsentieren, fiel der Entschluss sehr leicht. Für sein Angebot sei ihm herzlich gedankt. Die Studierenden waren bereit, sich noch einmal mit dem Thema zu beschäftigen, wofür auch ihnen unser Dank gebührt.

Karl Weber und Martin Huber
Winterthur, Juli 2013

Mathematik verbindet

Zahl, Mass und Proportion

Zahl, Mass und Proportion

Unter diesem Titel – es ist der Untertitel von Paul v. Naredi-Rainers Habilitationsschrift „Architektur und Harmonie“ – möchte ich die folgenden Texte subsumieren. Diese Texte sind ebenfalls hervorgegangen aus aussergewöhnlichen Vorträgen der Assessment-Prüfung in Mathematik (Bachelor-Studiengang Architektur) im Jahr 2012. Es handelt sich dabei um Themen der Anwendung von Mathematik in Bereichen, die je nachdem einen engeren oder lockeren Zusammenhang mit der Architektur haben.

Als Einführung in die Themen „Raumproportionierung bei Palladio“ und „Klavierstimmung“ habe ich den Text „Architektur – Mathematik – Musik“ hinzugefügt. Die vier übrigen Themen haben allesamt mit Astronomie zu tun. Als Anwendung der Kugelgeometrie ist die Mathematische Astronomie ein Thema des zweiten Blocks „Geometrie der Erde und des Himmels“ unseres Moduls. Dabei geht es mir vor allem um die Astronomie des Alltags, um die Variabilität des Sonnenstandes, also die Veränderlichkeit der Lichtsituation, welche die Architektur durchaus beeinflussen kann, sowie um den Kalender, der vom Menschen im Alltag kaum wahrgenommen wird als das, was er ist, nämlich ein mathematisch-astronomisches Lehrstück. Weil die Hälfte dieser Texte dem Thema „Kalender“ gewidmet sind, gebe ich auch dazu eine Einführung: „Kalender. Ihre astronomischen Grundlagen und ihre Geschichte“.

Inhaltsverzeichnis

Die Raumproportionierung nach Andrea Palladio

Leben und Werk des Andrea Palladio
Er wurde am 30. November 1508 in Padua als Andrea di Pietro della Gondola getauft (gest. 15. August 1580).

Andrea di Pietro wurde vom Humanisten Graf Giangiorgio Trissino (1478-1550) gefördert. Letzterer sah in Andrea die Verkörperung einer Figur aus seinem Werk „Italia liberata dai Goti" und nannte ihn „Palladio". Palladio soll Italien vom schlechten nordalpinen Geschmack befreien. Seine Karriere begann er in Vicenza als Steinmetz. Nachdem er nach Venedig umgezogen war, begann er als Architekt zu arbeiten. Seine grossen Vorbilder waren Vitruv und zeitgenössische Baumeister wie Serlio. Interessant und typisch für die Zeit der Renaissance ist der Bezug zur Antike: Vitruv war ein römischer Architekt aus dem 1. Jahrhundert v. Chr., der einzige antike Baumeister, von dem schriftliche Zeugnisse erhalten geblieben sind[1]. Palladio begann eine intensive Reisetätigkeit; er zeichnete und vermass alles, was sein Auge reizte. Als Resultat publizierte er 1554 „Le antichità di Roma". Zusammen mit Daniele Barbaro kommentierte er die Neuausgabe von Vitruvs zehn Büchern über die Architektur (1556). Palladios architektur-theoretisches Hauptwerk „Quattro libri dell'Architettura" kann als Neuinterpretation von Vitruvs Schriften angesehen werden.
Heute gilt Andrea Palladio als der grosse Meister der italienischen Architektur der Hochrenaissance. Seine Baukunst schafft Ordnung und Harmonie durch das Mittel der gekonnten und durchdachten Raumproportionierung. Sein gebautes und theoretisches Schaffen hatte grossen Einfluss in den Epochen des Barock und des Klassizismus.
Die drei Elemente von Palladios Baukunst sind

- Nutzen (Zweckmässigkeit)
- Dauerhaftigkeit
- Schönheit

Das Gebäude wird nach dem Nutzen entworfen, denn nicht jeder Nutzen hat die gleichen Anforderungen. Die Dauerhaftigkeit, welche von der Planung und der Art des Bauens abhängt. Die Schönheit entsteht aus schöner Form und der Entsprechung aller Teile untereinander und zum Ganzen. Palladio vergleicht das Bauwerk mit einem vollkommenen menschlichen Körper. Schönheit ist am Bauwerk konkret erfahrbar durch die Proportionierung der einzelnen Räume; sie ist jedoch untrennbar verbunden mit Zweckmässigkeit und Dauerhaftigkeit.

1 *Marcus Vitruvius Pollio (1. Jh. v.Chr.), römischer Architekturtheoretiker, schrieb das Traktat „De Architectura libri decem" (Zehn Bücher über Architektur).*

Palladios Zahlenreihen

Nach einer Analyse von Wittkower verwendet Palladio vorwiegend die Zahlenreihen der Zweier- und Dreierpotenzen. „Verbindet man die beiden Zahlenreihen, so drückt sich darin die Harmonie der Welt aus“ (Platon)

$$
\begin{array}{ccccccccc}
 & & & & \mathbf{1} & & & & \\
 & & & \mathbf{2} & & \mathbf{3} & & & \\
 & & \mathbf{4} & & & & \mathbf{9} & & \\
 & \mathbf{8} & & & & & & \mathbf{27} & \\
\mathbf{16} & & & & & & & & \mathbf{243}
\end{array}
$$

„Die Zahlen, vermittels welcher die Harmonie von Tönen unser Ohr entzückt, sind ganz dieselben, welche unser Auge und unseren Verstand ergötzen.“ (Alberti)
Darunter versteht er die konsonanten Intervalle der Quinte (2:3), Quarte (3:4), Oktave (1:2), Duodezime (1:3) und der Doppeloktave (1:4).

Schon im Altertum wurden auch die reinen Terzen (4:5 und 5:6) verwendet. Diese werden durch einfache Verhältnisse ausgedrückt, in denen die Zahl 5 vorkommt. Da diese Zahl in der pythagoreischen Skala[2] nicht vorkommt, galten die reinen Terzen bis zum Ende des Mittelalters nicht als Konsonanzen. Dasselbe gilt für die Komplementärintervalle der Terzen, für die reinen Sexten (3:5, 5:8). Schliesslich ersetzte Gioseffo Zaelino (1517–1590) in seinen für die Musik der Renaissance massgebenden „Istitutioni harmoniche“ die den Pythagoreern heilige Vierzahl durch die „vollkommene“ Sechszahl[3] und bereitete damit die Ablösung der pythagoreischen durch die reinen Intervalle vor. Man vergleiche dazu die Tabelle im Text **Architektur – Mathematik – Musik**.
Ob die „Rehabilitation“ der Zahl 5 etwas mit dem regulären Fünfeck und damit mit dem Goldenen Schnitt zu tun hat ist uns nicht bekannt. Hier sei darauf hingewiesen, dass die Intervalle der kleinen und der grossen Sexte in der Annäherung des goldenen Schnittes durch Quotienten von aufeinander folgenden Gliedern der Fibonacci-Folge vorkommen:

$$\tfrac{1}{2} < \tfrac{3}{5} < \tfrac{8}{13} < \ldots < \rho = \frac{\sqrt{5}-1}{2} < \ldots < \tfrac{5}{8} < \tfrac{2}{3} < 1$$

Dabei bedeutet ρ der Major bei der Teilung der Einheitsstrecke im goldenen Schnitt. Es gilt

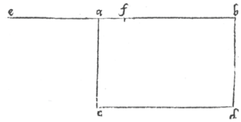
$$\rho = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \approx 0.6180\ldots$$

2 Vgl. den Text: Architektur – Mathematik – Musik.

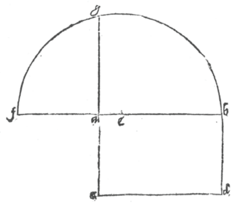
3 Schon die Pythagoräer nannten eine (natürliche) Zahl vollkommen, wenn sie gleich der Summe ihrer echten Teiler ist. Die Zahlen 6 (6 = 1+2+3) und 28 (28 = 1+2+7+14) sind vollkommen.

Proportionierung der Raumhöhe
Palladios Repertoire zur Bestimmung der Raumhöhe bei gegebenem Grundriss

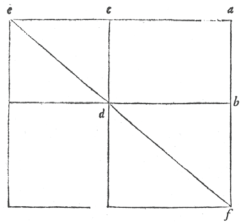
Die arithmetische Proportion



Die geometrische Proportion

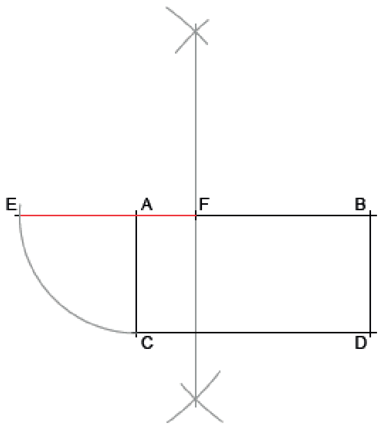


Die Harmonische Proportion



Die arithmetische Proportion
Die Höhe ist das arithmetische Mittel aus Länge und Breite des Raumes. Wird die Länge mit l und die Breite mit b bezeichnet, so ist die Höhe gleich

$$h_a = \frac{1}{2}(l + b)$$



Beispiele
1. Länge 12, Breite 6, Höhe 9 Masseinheiten
2. Länge 15, Breite 5, Höhe 10 Masseinheiten

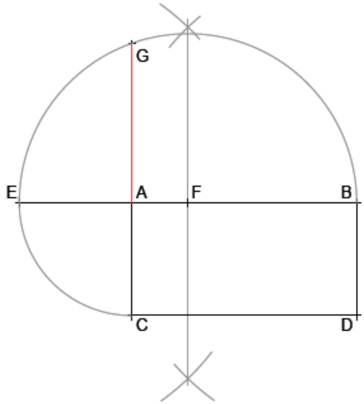
Palladio: „Man wird diese Höhe ermitteln, indem man die Breite und Länge aneinander legt und das Ganze in zwei gleiche Teile teilt. Eine der beiden Hälften wird dann die Gewölbehöhe sein."

Die geometrische Proportion
Die Höhe ist das geometrische Mittel aus Länge und Breite des Raumes.
Wird die Länge wieder mit l und die Breite mit b bezeichnet, so ist die Höhe gleich

$$h_g = \sqrt{l \cdot b}$$

„...dann werden wir eine Zahl finden, die zu Breite und Länge im gleichen Verhältnis steht. Wir werden sie finden, indem wir die kleinere Zahl mit der grösseren multiplizieren, denn die Quadratwurzel aus dem Produkt der Multiplikation ist die gesuchte Höhe.“

Beispiele
1. Länge 9, Breite 4, Höhe 6 Masseinheiten
2. Länge 20, Breite 5, Höhe 10 Masseinheiten



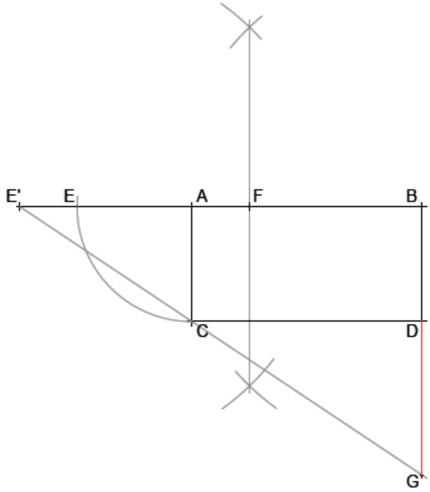
Palladio: „Gesetzt der zu überwölbende Platz ist CB; nun verbinden wir Breite mit Länge und erhalten die Linie BE und teilen diese sodann in zwei gleich grosse Teile in Punkt F. Den machen wir zum Mittelpunkt und ziehen den Halbkreis BGF; dann verlängern wir AC bis zu G im Halbkreis, und AG wird die Höhe des Gewölbes über CB.“

(Konstruktion mit Hilfe des Höhensatzes) $|AG| = \sqrt{|AB| \cdot |AC|}$

Die harmonische Proportion
Die Höhe ist das harmonische Mittel aus Länge und Breite des Raumes.
Die Höhe ist also der Kehrwert des arithmetischen Mittels aus den Kehrwerten von Länge und Breite. Wird die Länge wieder mit l und die Breite mit b bezeichnet, so ergibt sich:

$$h_h = \frac{2}{\frac{1}{l} + \frac{1}{b}} = \frac{2l \cdot b}{l + b} = \frac{l \cdot b}{h_a}$$

Beispiele
1. Länge 12, Breite 6, Höhe 8
2. Länge 15, Breite 10, Höhe 12



Palladio: „Man ziehe die Linien AB, AC, BD und CD. Sie zeigen die Länge und Breite des Zimmers. Die Höhe findet man auf die erste Weise; sie wird AE' sein, das man mit AB verbindet. Dann zieht man die Linie E'CG und verlängert BD bis zu E'CG in Punkt G. DG wird die Gewölbehöhe sein."

Nach dem Strahlensatz gilt
$$\left|DG\right| : \left|CD\right| = \left|CA\right| : \left|E'A\right|$$

bzw.
$$\left|DG\right| : l = b : \frac{l+b}{2}$$

also
$$\left|DG\right| = \frac{l \cdot b}{h_a} = h_h$$

Palladio schreibt[4]:
„Diese Höhen verhalten sich auf folgende Weisen zueinander: Die erste ist grösser als die zweite und diese grösser als die dritte.

Wir werden uns sodann eines jeden dieser Gewölbe bedienen und machen, dass mehrere Räume unterschiedlicher Grösse gleich hohe Gewölbe haben und die Gewölbe dennoch gut zu ihnen proportioniert sind. Das wird das Auge als schön empfinden, und es wird auch zum Vorteil des Fussbodens oder Paviments darüber sein, weil so alles auf einem Niveau sein wird. Es gibt noch andere Gewölbehöhen, für die es aber keine Regeln gibt, und der Architekt wird sich ihrer nach seinem Urteil und dem, was nötig ist, bedienen."

Palladios Bautätigkeit umfasste über achtzig Hauptprojekte, gemäss Guido Beltramini wenigstens sechzehn Stadtpaläste, dreissig Landsitze, vier öffentliche Gebäude, fünf Brücken, fünfzehn religiöse Bauten, drei Theater und weitere Objekte ...

4 Andrea Palladio: Die vier Bücher zur Architektur (übersetzt von H.-K. Lücke) Erstes Buch, Kapitel XXIII

Klavierstimmungen
Tonsystem

Obertonreihen
Beim Erklingen eines Tones schwingen theoretisch unendlich viele Obertöne mit. Ein jeder Grundton hat seine eigene Obertonreihe, welche bei seinem Ertönen mitschwingt. In diesen Obertonreihen sind alle reinen Intervalle des Grundtons enthalten:

Oktave	*Quinte*	*Quarte*	*grosse Terz*	*kleine Terz*	*grosser Ganzton*	*kleiner Ganzton*	*Halbton*
1 : 2	*2 : 3*	*3 : 4*	*4 : 5*	*5 : 6*	*8 : 9*	*9 : 10*	*15 : 16*

Die reinen Intervalle Sexte und Septime ergänzen die Terz bzw. den Ganzton zur Oktave.

Die absolute Höhe von Obertönen ist abhängig von ihrem Grundton. Beispielsweise beträgt die Frequenz des Tones Fis beim Grundton

C 726.0 Hz
D 733.3 Hz
H 742.5 Hz

Demnach kann sich ein Musikstück immer nur auf genau einen Grundton beziehen, was in fernöstlichen oder arabischen Tonsystemen genau der Fall ist.

In der abendländischen Musikkultur bemühte man sich ab ca. 1520, allen Tönen eine absolute Tonhöhe zuzuordnen. So wollte man möglich machen, dass über einen „Tonpool“ alle möglichen Grundtöne erreicht werden können.
So ist es auch das Ziel der verschiedenen Klavierstimmungen, auf ein und derselben Stimmung möglichst alle Tonarten spielbar zu machen. Um dies zu erreichen, müssen bei allen Stimmungen kleine Abweichungen in Kauf genommen werden.
Bei der Suche nach Tönen, die unabhängig von unterschiedlichen Obertonreihen absolute Tonhöhen haben, wird klar, dass gewisse reine Intervalle zugunsten dieses Ziels geopfert werden müssen.
Die reine Oktave ist ein wesentlicher Charakter der abendländischen Musikkultur. Sie sorgt dafür, dass sich die Töne in den jeweils höheren Registern wiederholen, weswegen diese beibehalten werden musste.
Jedoch wollte man auch die Reinheit anderer Intervalle nach Möglichkeit nicht preisgeben.

Klavierstimmungen

Quinten in Cent	*c-g*	*des-as cis-gis*	*d-a*	*es-b dis-ais*	*e-h*	*f-c*
1/4-Komma-mitteltönige Stimmung	*697*	*697*	*697*	*697*	*697*	*697*
Werckmeister III-wohltemperiert	*702*	*696*	*696*	*702*	*702*	*696*
gleichstufige Stimmung	*700*	*700*	*700*	*700*	*700*	*700*

Quinten in Cent	fis-cis ges-des	g-d	as-es ges-des	b-f	h-fis	a-e
1/4-Komma-mitteltönige Stimmung	697	697	738	697	697	697
Werckmeister III-wohltemperiert	696	702	708	702	702	696
gleichstufige Stimmung	700	700	700	700	700	700

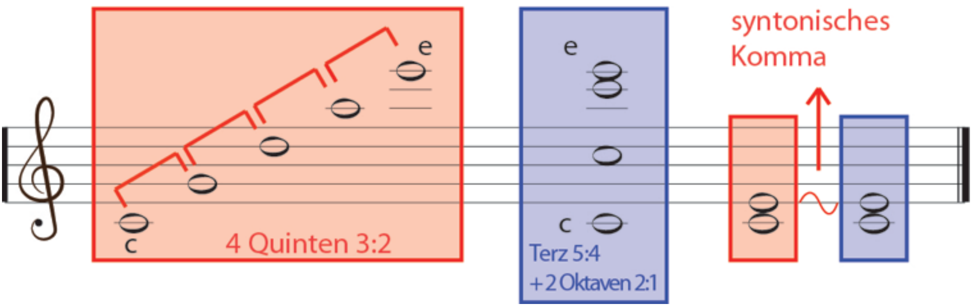
Bemerkung Cent
Cent ist die logarithmische Masseinheit für musikalische Intervalle. Sie teilt jeden Halbton in 100 Schritte (Cent) auf. (Es ist zu beachten, dass bei der reinen Stimmung verschiedene Halbtöne vorkommen.) Eine Oktave umfasst 12 Halbtöne, was 1200 Cent entspricht. Die Masseinheit dient vor allem zum Vergleichen von Tonsystemen und Stimmungen.

Intervall in Cent	Proportion	Intervall
316 Cent	$2^{316/1200} \approx 1,2 = 6/5$	reine kleine Terz
386 Cent	$2^{386/1200} \approx 1,25 = 5/4$	reine grosse Terz
702 Cent	$2^{702/1200} \approx 1,5 = 3/2$	reine Quinte

Umrechnungsbeispiele
Ton a (440 Hz) wird um 1 Cent erhöht: 440 Hz * $2^{1/1200} \approx$ 440,2545 Hz
Ton a (440 Hz) wird um 1 Cent verringert: 440 Hz * $2^{-1/1200} \approx$ 439,7459 Hz

¼ Mitteltönige Stimmung

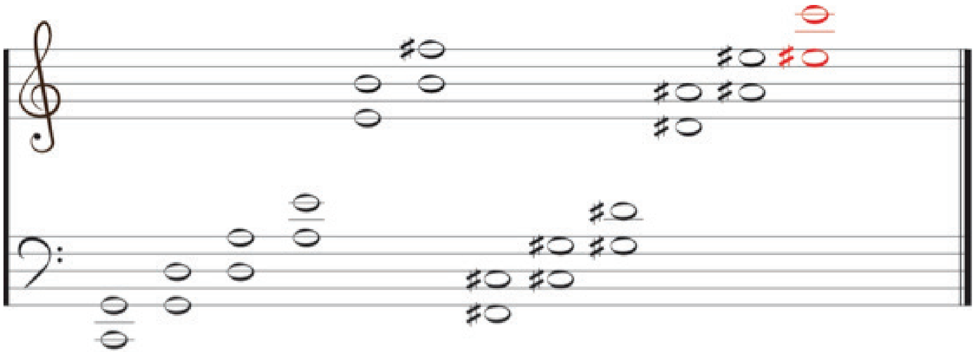
Das ästhetische Musikempfinden der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts in Mitteleuropa verlangt nach einer reinen grossen Terz. So gilt es, zu Gunsten der reinen Terz und Oktave, die Reinheit der restlichen Intervalle in einem akzeptablen Masse zu opfern.
Dieser Ausgleich ist am einfachsten über die Quinten zu bewerkstelligen. Denn vier Quinten (2:3) sind grösser als zwei Oktaven (1:2) und eine grosse Terz (4:5).
Bei der Schichtung von vier Quinten entsteht eine Terz. Dies ist jedoch keine reine sondern eine pythagoreische Terz. Dies bedeutet, dass sie um ein syntonisches Komma grösser ist, als die reine Terz. Das syntonische Komma ist ein kleines musikalisches Intervall von ca. 1/5 Halbton.



Der Ausgleich dieses Kommas geschieht über die vier Quinten, indem jede Quinte um ¼ des syntonischen Kommas enger gestimmt wird. Dadurch wird die Terz, welche durch die Quintenschichtung entsteht, an die grosse Terz angeglichen.

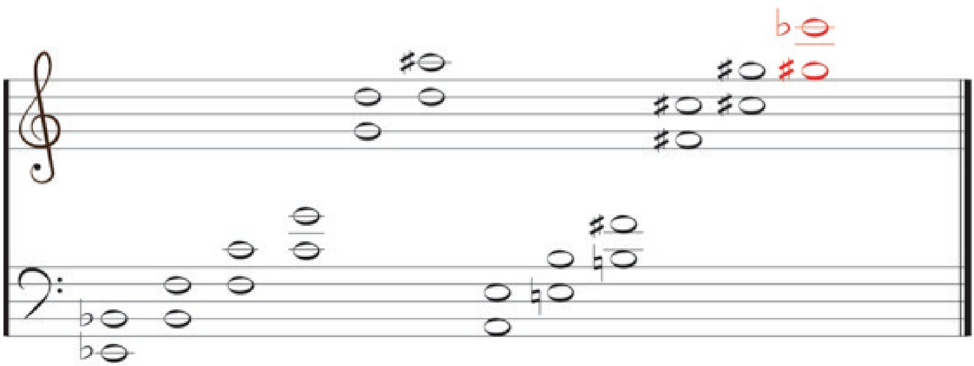
Dieses Ausgleichsintervall von ¼ syntonischem Komma wird auf elf Quinten übertragen, welche auch mitteltönige Quinten genannt werden. Die zwölfte Quinte ist eigentlich eine verminderte Sexte. Sie ist unbrauchbar, da sie durch die Verengung der elf vorangehenden Quinten zu weit ist. Aufgrund ihres einem Wolfsgeheule ähnelnden Klanges wird sie auch Wolfsquinte genannt.

Quintenschichtung C-Dur



Damit die Wolfsquinte die Musik möglichst nicht stört, wird das Ausgleichsintervall auf eine selten verwendete Tonart wie beispielsweise Es-Dur angewendet und nicht auf das sehr häufig benutzte C-Dur, wo die Wolfsquinte auf „f – c“ zu liegen käme.

Quintenschichtung Es-Dur

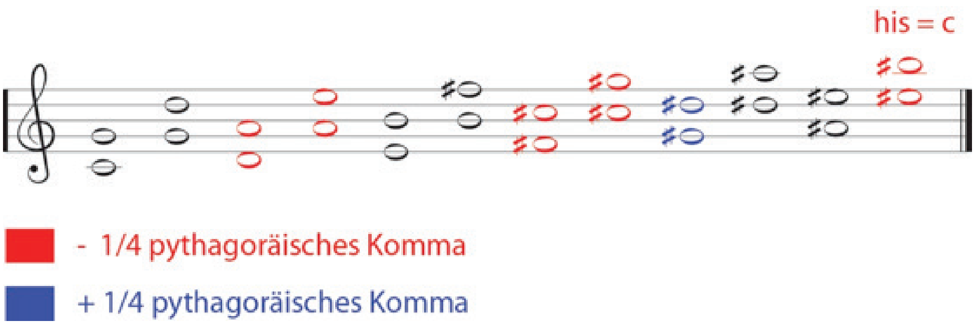


Wolfsquinte / verminderte Sexte

Wohltemperierte Stimmung

Die erste wohltemperierte Stimmung wird 1691 von Andreas Werckmeister eingeführt. Um alle Tonarten spielbar zu machen, muss die Vorherrschaft der rein gestimmten grossen Terzen aufgegeben werden.
Die Werckmeister-Stimmungen, von welchen diverse Varianten existieren, sehen vor, Quinten unterschiedlich zu stimmen; manche um einen gewissen Bruchteil des pythagoreische Kommas enger, manche weiter, andere bleiben rein.
Das pythagoreische Komma ist ein Intervall von etwa einem Achtelton. In der gleichstufigen Stimmung entsprechen sieben Oktaven = zwölf Quinten. In der wohltemperierten Stimmung unterscheiden sie sich um das pythagoreische Komma.

Die Werckmeisterstimmung III



Das Ziel dieser Ausgleichung ist, dass ein „his“ dieselbe Frequenz wie ein „c“ desselben Registers hat. Dadurch schliesst sich der Kreis der zwölf Quinten. Die aus heutiger Sicht wichtigste Werckmeister-Stimmung ist die Werckmeister III.

Tonsystem berechnet

Der Komponist Arnold Schönberg sagt, dass bei einer 53-Ton-Musik die Quinte wesentlich reiner sei, als bei der abendländischen 12-Ton-Musik.
Mit der Forderung, dass die Oktave rein sein muss und die Quinte der erste Oberton sein darf, bei welchem die wohltemperierte von der natürlichen Stimmung abweicht, erscheint es sinnvoll, ein System mit einer möglichst reinen Quinte zu verlangen. Arnold Schönbergs mathematische Erläuterung sieht Folgendes vor:

bei n-Ton Musik entspricht ein Tonschritt (Frequenzverdoppelung) einem Frequenzverhältnis

$$f = \sqrt[n]{2}$$

m Tonschritte

$$f = 2^{\frac{m}{n}}$$

bei welchem Wert m/n ist eine gute Quinte erreicht?

$$\frac{3}{2} = 2^{x}$$

Logarithmische Umformung:

$$x = \frac{\ln 3}{\ln 2} - 1 = 0{,}5849625$$

die nicht rationale Zahl kann als Kettenbruch dargestellt werden

$$x = [0,1,1,2,2,3,1,5,2,23,2,2,...]$$

Die ersten acht Näherungsbrüche lauten wie folgt:

$$x(0) \qquad = \quad 0$$

$$x(1) \qquad = \quad 1$$

$$x(2) \quad \frac{1}{1+1} \quad = \quad \frac{1}{2}$$

$$x(3) \quad \frac{1}{1+\frac{1}{2}} \quad = \quad \frac{3}{5}$$

$$x(4) \quad \frac{1}{1+\frac{1}{2+\frac{1}{2}}} \quad = \quad \frac{7}{12}$$

$$x(5) \qquad = \quad \frac{24}{41}$$

$$x(6) \qquad = \quad \frac{31}{53}$$

$$x(7) \qquad = \quad \frac{179}{306}$$

.

.

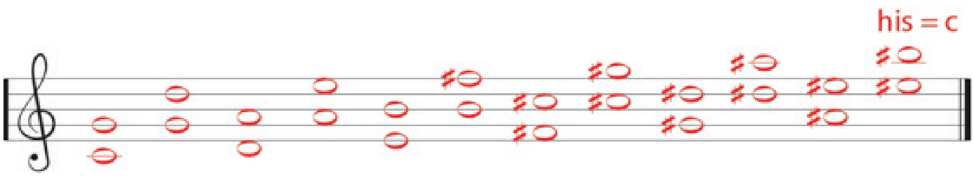
.

i	1	2	3	4	5	6	7
x(i) - x	0,41	- 0,085	0,015	- 0,0016	0,0004	- 0,00006	0,000005

Der erste, zweite und dritte Näherungsbruch ist viel zu ungenau. Der sechste Näherungsbruch ist nur unwesentlich komplizierter als der fünfte, jedoch viel genauer. Näherungsbruch sieben ist noch einmal genauer, jedoch ist ein 306-Ton System im Gegensatz zu einem 53-Ton System kaum mehr umsetzbar. So kann man sagen, dass das 53-Ton System die einzige ernsthafte Alternative zum 12-Ton System ist.

Gleichstufige Stimmung

Die heute gebräuchlichste Stimmung ist die gleichstufige. Im Gegensatz zur wohltemperierten Stimmung, wo gleiche Intervalle unterschiedliche Frequenzverhältnisse haben, haben alle Intervalle exakt dieselben Frequenzverhältnisse. Ausser durch die Tonhöhe unterscheiden sich gleiche Intervalle durch nichts. Daher kommt auch der Name „gleichstufig".
Erreicht wird dies, indem alle zwölf Quinten 1/12 des pythagoreischen Kommas zu eng gestimmt werden. Dadurch werden alle Intervalle „verstimmt", jedoch in einem durchaus akzeptablen Masse. Einzig die Oktave bleibt rein.



- 1/4 pythagoräisches Komma

Interessant

Werden heute Kompositionen aus der Zeit der mitteltönigen oder wohltemperierten Stimmung in der gleichstufigen Stimmung gespielt, gehen dadurch die künstlerischen Aspekte verloren, die auf den klanglichen Charakterunterschieden der verschiedenen Dur- und Mollakkorden basieren. Instrumente, die zur Aufführung dieser Musik benötigt werden, werden daher oft in den alten Stimmungen gestimmt.

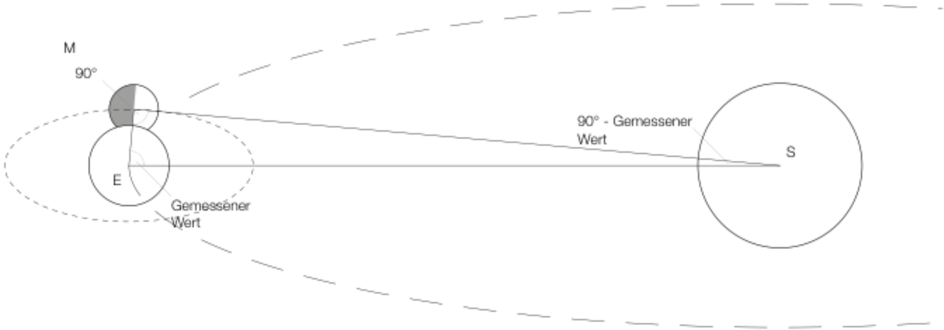
Die Astronomische Einheit

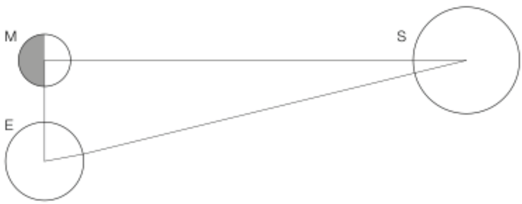
Bestimmung der Entfernung zwischen Sonne und Erde mittels eines Venus-Transits

Geschichte der Berechnung der Entfernung zwischen Sonne und Erde

Wenn sich der Mond in der ersten oder letzten Phase befindet, und exakt die Hälfte der Fläche des Mondes, die in die Richtung Erde zeigt, beleuchtet ist, formt sich ein rechtwinkliges Dreieck zwischen Sonne, Mond und Erde. Dabei befindet sich der rechte Winkel beim Mond.

Die Astronomen mussten in diesem Moment den Winkel zwischen Erde und Sonne bestimmen. Wie man sich vorstellen kann, ist dieser Winkel sehr nah an 90°, dies bedeutet dass der kleinste Fehler grosse Einwirkungen auf das Resultat hat.
Aristarch hatte einen Winkel von 87° abgelesen, dies entspricht einer Distanz von 20 Mal die Entfernung zwischen Erde und Mond. In Wirklichkeit ist diese Distanz aber 400 Mal die Entfernung zwischen Erde und Mond. Der genauere Winkel 89° 51'.





Wir müssen zudem berücksichtigen, dass in dieser Zeit der Aufbau des Sonnensystemes nicht klar war. Aristarch hat eine bemerkenswerte Leistung vollbracht, da er einer der ersten war, der sagte, dass das Sonnensystem heliozentrisch und nicht geozentrisch sei, wie alle annahmen. Diese Aussage wurde über die weiteren Jahrhunderte immer dementiert, und man musste bis zum Jahre 1500 warten, bis mit Nikolaus Kopernikus, Tycho Brahe und Johannes Kepler fast zeitgleich die Kopernikanische Wende eingeleitet wurde, welche dann von Galileo Galilei und Isaac Newton auf ein physikalisches Fundament gestellt wurde.

Des weiteren wurden die Planetbahnen in den ersten Versuchen von Aristarch und Hipparch als kreisrund angenommen. Diese Theorie wurde im Jahre 1608 durch das erste Gesetz von Kepler überholt, welches besagt, dass die Umlaufbahnen von Planeten elliptisch und nicht kreisförmig sind.

Bestimmung der Entfernung der Sonne mittels eines Venus-Transites
Einführung

Man spricht von einem Venus-Transit, wenn die Venus sich zwischen Sonne und Erde stellt und so ein kleines Stück der Sonnenscheibe verdunkelt.
Während eines solches Ereignisses kann der Beobachter die Venus sehen, die als dunklen Punkt die Sonne durchquert.

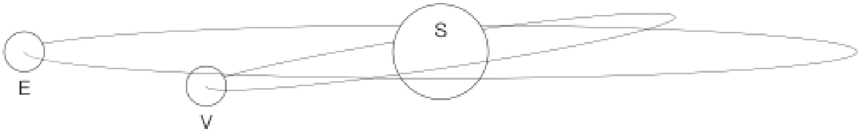
Venus-Transite sind berechenbare astronomiche Ereignisse. Sie geschehen alle 234 Jahre und zwar in separaten Paaren von 8 Jahren, die sich in weitere Zyklen von 121.5 und 105.5 Jahren wiederholen.
Die letzten Transit-Paare waren am 8. Juni 2004 und am 6. Juni 2012 zu beobachten.

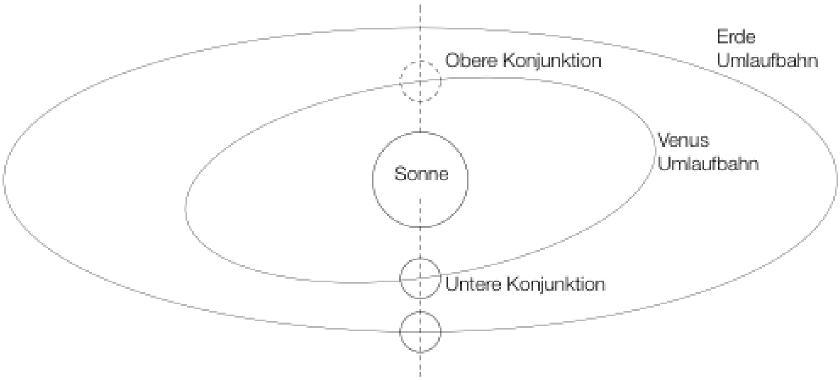
Die folgenden Tabelle enthält die Daten der Venus-Transite vom 17. Bis zum 25. Jahrhundert:

- 7. Dezember 1631
- 4. Dezember 1639
- 6. Juni 1761
- 3. Juni 1769
- 9. Dezember 1874
- 6. Dezember 1882
- 8. Juni 2004
- 6. Juni 2012
- 11. Dezember 2117
- 8. Dezember 2125
- 11. Juni 2247
- 9. Juni 2255
- 13. Dezember 2360
- 10. Dezember 2368
- 12. Juni 2490
- 10. Juni 2498

Konjunktionen

Wenn die Erde und die Venus in Konjunktion sind, befinden sie sich normalerweise nie auf einer Linie mit der Sonne. Da die Venusbahn um 3.4° gegenüber der Erdbahn geneigt ist, ist es dem Erdbetrachter nicht möglich, die Venus zu sehen, da diese dann über oder unter der Sonne sein wird.
Der Venus-Transit ist nur dann sichtbar, wenn die Planeten in Konjunktion sind und sich dort befinden, wo sich ihre Umlaufbahnen schneiden.





Wegen den leichten Zeitverscheibung von Erde und Venus wird die Tabelle ihrer Periodizität leichten Wechseln ausgesetzt sein, die aktuelle Tabelle ist aber bis ins Jahre 2846 gültig.

Die Beobachtung eines Venus-Transits

Ein Venus-Transit ist ein sehr wichtiges Ereignis um die Distanz in unserem Sonnensystem schätzen zu können, dies dank der Benutzung der Parallaxe.

Dieses System benutzt die Beobachtung des Transites von verschiedenen Punkten der Erdoberfläche, und die Berechnung des Beginns und des Endes des Transits.
Anhand der bekannten Distanzen zwischen den verschiedenen Messpunkten kann man durch die Triangulation die Distanz zwischen Sonne und Venus berechnen.

Kepler war der erste, dem es im Jahre 1631 gelang, einen Venus-Transit vorherzusagen, dennoch konnte niemand den Venus-Transit sehen, da seine Berechnungen nicht genug genau waren, um vorherzusehen, dass der Transit von Europa aus nicht sichtbar war.

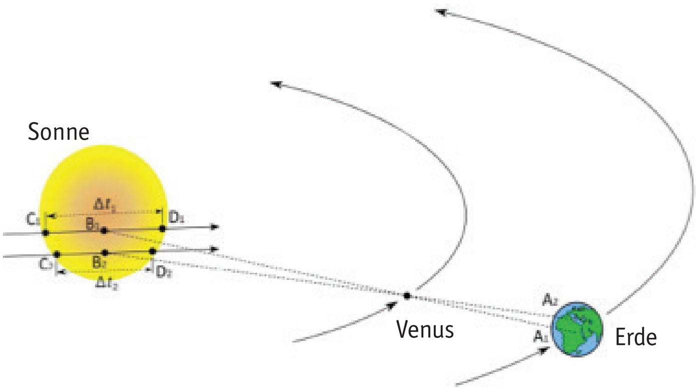
Die erste Beobachtung eines Venus-Transits wurde von Jeremiah Horrocks am 4. Dezember 1639 in seiner Wohnung in Preston UK gemacht. Parallel beobachtete sein Kollege William Crabtree von Manchester aus den Transit. Horrocks korrigierte die Berechnungen von Kepler, in denen er die Transite von 1631 und 1761 vorhersagte, nicht aber den von 1639. Er realisierte also, dass die Transite in Paaren erfolgen, mit Abständen von 8 Jahren.

Die ersten Berechnungsversuche waren auch mit der genaueren Methode nicht sehr erfolgreich. Horrocks machte einen Rechenfehler und erhielt so einen halb so grossen Wert wie das korrekte Resultat.

Während des nächsten Venus-Transits, während der Paare 1761 und 1769, wurde eine Beobachtung auf grosser Skala organisiert. Man griff auf die zuvor gemachten Berechnungen von James Gregory und Edmond Halley zurück.
Europäische Astronomen und Forscher nahmen an einer der ersten internationalen wissenschaftlichen Zusammenarbeit teil. Sie begaben sich an diverse Beobachtungsorte rund um den Globus, teils in Sibirien, Norwegen, Terranova und Madagascar.

Vereinfachte Berechnungsart der Astronomischen Einheit (AU)

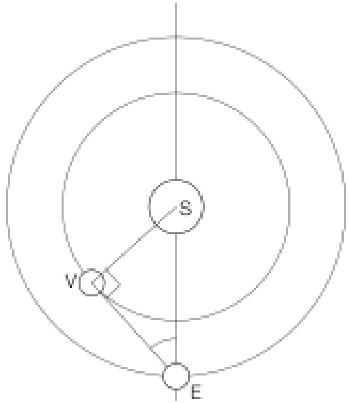
Die Berechnung der Astronimischen Einheit (AU), beziehungsweise die Distanz, die die Erde von der Sonne trennt, durch die Planetentransite benötigt die Anwendung einer geometrischen Methode. Diese basiert auf der Messung der Transitzeiten von zwei verschiedenen Punkten auf der Erdoberfläche, so weit entfernt wie möglich, senkrecht zu der Ekliptikebene gemessen.



Ein Beobachter in der Position A1 wird die Bewegung des Planeten von C1 bis D1 sehen. Während ein Beobachter in Position A2 die Bewegung von C2 bis D2 sehen wird.
Somit ist Venus zur selben Zeit an verschiedenen Orten sichtbar, nämlich B1 und B2.
Die als Winkel gemessene Distanz zwischen B1 und B2 wird Parallaxe genannt. Diese kann mittels des Zeitunterschiedes in den beiden Punkten des Transites berechnet werden. Ist die Entfernung zwischen den beiden Orten A1 und A2 auf der Erdoberfläche bekannt, ist es möglich die Entfernung zwischen B1 und B2 und schliesslich die Distanz bis zur Sonne zu berechnen.

Beweis

1. Wir werden nun versuchen, die Berechnungen auszuführen. Wir werden eine vereinfachte Berechnungsart verwenden.
Als Erstes müssen wir das Verhältnis zwischen den drei Körpern, **E**rde, **V**enus und **S**onne bestimmen.
Wenn Venus die von der Erde aus gesehen maximale Distanz zur Sonne hat, variiert der Winkel zwischen den beiden von 45° bis 48°.
Aus Bequemlichkeit nehmen wir kreisförmige Umlaufbahnen an und erhalten einen Durchschnittswert von 46°.



Figur 2

$$\frac{\overline{\mathrm{SV}}}{\overline{\mathrm{SE}}} \approx \sin(46°) \approx 0{,}72$$

$$\overline{\mathrm{SV}} \approx 0{,}72\ [AU]$$

Daher gilt

$$\mathbf{\overline{SE} = 1\ [\mathit{AU}] \qquad \overline{SV} \approx 0{,}72\ [\mathit{AU}] \qquad \overline{EV} \approx 0{,}28 [\mathit{AU}]}$$

vorausgesetzt, dass Venus in unterer Konjunktion ist.

2. Immer unter der Annahme von kreisförmigen Umlaufbahnen berechnen wir die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Venus auf der Sonnenscheibe fortbewegt.
Die synodische Periode, welche die Venus benötigt, um, von der Erde aus gesehen, wieder in dieselbe Position zu gelangen, beträgt 584 Erdtage.

Versuchen wir nun, die Winkelgeschwindigkeit der Venus in Bezug zur Erde zu berechnen.

Figur 3

E = Erde
S = Sonne
V = Venus in unterer Konjunktion.
V′ = Venus eine Stunde nach der unteren Konjunktion.

$$\overline{VV'} = \overline{EV}\,\tan(\alpha) = \overline{SV}\ \tan(\beta)$$

Da die Winkel sehr klein sind, ist das Verhältnis der Tangenswerte angenähert gleich dem Verhältnis der Winkel.

$$\frac{\alpha}{\beta} \approx \frac{\tan(\alpha)}{\tan(\beta)} = \frac{\overline{SV}}{\overline{SE}} \approx \frac{0{,}72}{0{,}28}$$

$$\alpha \approx \beta \left(\frac{0{,}72}{0{,}28}\right)$$

Der Winkel "β"der von Venus in einer Stunde zurückgelegt worden ist: (in Bogenminuten)

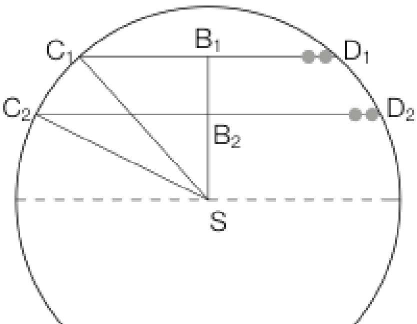
$$\beta = \left(\frac{360''.60'}{584\mathrm{d}\,.\,24\mathrm{h}}\right)$$

Daher den Winkel "α" in Bezug auf die Erde:

$$\alpha \approx \beta \left(\frac{0{,}72}{0{,}28}\right) => \frac{360''\,.\,60'\,.\,0{,}72}{584\mathrm{d}\,.\,24\mathrm{h}\,.\,0{,}28} \approx 4'$$

Daher ist die Geschwindigkeit mit welcher Venus sich vor der Sonne bewegt angenähert 4 Bogenminuten pro Stunde.

3. Betrachten wir nun Figur 1 und nehmen an, dass A1A2 senkrecht zu der Eklpitik steht und die Distanz zwischen den beiden bekannt ist. Nehmen wir des weiteren an, dass der Venustransit eine Dauer von "Δ T1" für den Beobachter A1 hat und "Δ T2" für den Beobachter A2.



Figur 4

Figur 4 ist ein Abbild der Sonnenscheibe mit den beiden Transitbewegungen C1D1 und C2D2, die jeweils von den Beobachtungspunkten A1 und A2 betrachtet wurden. Berechnen wir nun die Länge des Transites durch die vorher erhaltene Winkelgeschwindigkeit in Bogenminuten.

$$\overline{C_1D_1} = \Delta t_1 \,.\, 4' \qquad \text{daher} \qquad \overline{C_1B_1} = \frac{\overline{C_1D_1}}{2}$$

$$\overline{C_2D_2} = \Delta t_2 \,.\, 4' \qquad \text{daher} \qquad \overline{C_2B_2} = \frac{\overline{C_2D_2}}{2}$$

Der scheinbare Sonnendurchmesser gesehen von der Erde ist 32'. Der Radius ist:

$$\overline{SC_1} = \overline{SC_2} = 16'$$

Daher gemäss Satz von Pythagoras:

$$\overline{SB_1} = \sqrt{[(16')^2 - (\overline{C_1B_1})^2]}$$

$$\overline{SB_2} = \sqrt{[(16')^2 - (\overline{C_2B_2})^2]}$$

Daher

$$\frac{(\overline{SB_1} - \overline{SB_2})}{60} = Parallaxe\ in\ Grad$$

(nicht zu verwechseln mit dem Parallaxewinkel von Venus)

4. Nun können wir die Distanz von B1 bis B2 in km berechnen.

$$\frac{\overline{B_1B_2}}{\overline{A_1A_2}} = \frac{\overline{B_1V}}{\overline{A_1V}} \approx \frac{0{,}72\ [AU]}{0{,}28\ [AU]}$$

Daher

$$\overline{B_1B_2} \approx \frac{72}{28} \,.\, \overline{A_1A_2} \quad [\mathrm{km}]$$

Daher ist die Distanz zwischen Erde und Sonne, A1B1 oder A2B2:

$$\boldsymbol{\overline{A_1B_1}} = \frac{\boldsymbol{\overline{B_1B_2}}}{\mathbf{sin}(\boldsymbol{Parallaxe})}$$

Quellen

Gelesene Dokumentation

Ralph Strebel, Über die Bestimmung der Entfernung der Sonne mittels eines Venus-Transites, Juni 2004

Francesco Poppi, Calcolo della distanza Terra-Sole dall'osservazione del transito di Venere,
INAF - Osservatorio Astronomico di Bologna, 2011

Besuchte Webseite

www.wikipedia.org (Mai – Juli 2012)

Konsultierte Inhalte:
Transito di Venere / Venustransit
Aristarco di Samo / Aristach von Samos
Ipparco di Nicea / Hipparch von Nikaia
Giovanni Keplero / Johannes Kepler
Niccolò Copernico / Nikolaus Kopernikus

www.vialattea.net
www.infn.it
www.transitofvenus.org

Interview

Interview mit dem Astrophysiker Dr. Luca Ostini, 20. Juni 2012

Kalenderreformen

Um Sekunden, Minuten und Stunden zu zählen haben wir die Uhr. Für Tage, Wochen, Monate und das Jahr haben wir den Kalender – Kalender sind für uns Menschen ein wichtiges Instrument für die Zeitmessung über längere Dauer.
Wie ich vorhin bereits erwähnt habe, ist der Kalender so etwas wie eine Uhr über eine grössere Zeitspanne. Aber wieso wurde diese Uhr in der Vergangenheit mehrmals überarbeitet und teilweise völlig anders strukturiert?
Ich werde in den folgenden Ausführungen etwas Allgemeines zu Kalenderreformen sagen und anschliessend auf bekannte grössere Reformen eingehen, beispielsweise auf die Einführung des Julianischen und Gregorianischen Kalenders, auf das Scheitern des Französischen Revolutionskalenders und auf den C&T Calendar.

Eine Kalenderreform bedeutet eine Änderung des bestehenden Kalendersystems, meistens eine Verbesserung, Vereinfachung oder Präzisierung. Manche Reformen können sich aber auch nicht durchsetzen und werden entweder vom Volk gar nicht angenommen oder nach ein paar Jahren wieder abgeschafft.
Es gibt verschiedene Ursachen für eine Einführung eines neuen Zählsystems.
Häufig wird eine genauere oder längerfristige Gültigkeitsdauer beabsichtigt. Andere Gründe können neue astronomische Erkenntnisse, religiöse oder politische Ansichten, Berücksichtigung der Landwirtschaft, bessere Ordnung/Logik etc. sein.

Einführung des Julianischen Kalenders

45 v.Chr. führte Julius Cäsar den Julianischen Kalender ein. Sein Vorgänger, der Römische Kalender, war ein zwölfmonatiger Mondkalender, welcher in unregelmässigen Abständen dem tropischen Jahr angepasst wurde.
Das tropische Jahr hat bekanntlich 365.2422 Tage. Und das Julianische, welches jedes vierte Jahr einen zusätzlichen Schalttag hat, kommt auf 365.25 Tage. In meinen Augen der wichtigste Vorteil dieser Kalenderreform ist die Ordnung und die innere Logik dieses Kalenders.

Einführung des Gregorianischen Kalenders

Da der Julianische Kalender auf Dauer ungenau war und sich bis zur Einführung des Gregorianischen um 10 Tage verschob, setzte Papst Gregor XIII am 5.Oktober 1582 einen neuen Kalender durch.
Die zentrale Änderung war eine neue Schalttagregelung, um die durchschnittliche Jahreslänge der Länge des Tropischen Jahres anzugleichen. Es wird alle 4 Jahre ein Schalttag hinzugefügt, wobei er in jedem Jahr das durch 100 teilbar ist, wegfällt. Eine Ausnahme bilden die Jahre die durch 400 teilbar sind. Somit haben wir eine durchschnittliche Länge von 365.2425 Tage pro Jahr.
Die Durchsetzung dieser Kalenderreform brachte einige Schwierigkeiten mit sich. Nicht katholische Regionen akzeptierten den Kalender erst relativ spät. In Russland beispielsweise wurde er erst 1912 nach der Oktoberrevolution eingeführt.

Französischer Revolutionskalender

Auf den Französischen Revolutionskalender oder auch den Republikanischen Kalender möchte ich ein bisschen genauer eingehen.
Dieser Kalender ist praktisch ein rein ideologisches Konstrukt. Während der Französischen Revolution zwischen 1789-1799 wollte sich die Bevölkerung vom christlich geprägten Gregorianischen Kalender abgrenzen. Man wollte einen radikalen Bruch von der „schlechten" Vergangenheit, der Monarchie und der Unterdrückung machen und mit einer neuen Menschheitsepoche beginnen. Auch der Gedanke der Aufklärung und die Freude an logischen Abfolgen wurde stark. So wurden beispielsweise die Gewichts- und Masseinheiten „dezimalisiert" und die heutigen Masseinheiten Kilogramm und Meter eingeführt. Für die Zeiteinheit versuchte man ebenfalls eine Zählung mit Dezimalstellen.
Bevor jedoch der bekannte Revolutionskalender eingeführt wurde, wurde die christliche Jahreszählung zurückgesetzt, und es wurde mit dem 1. Jahr der Freiheit begonnen. Der Sturm der Bastille am 14. Juli 1789 diente als Beginn dieser Zählung. Jedoch wurde im Gregorianischen Kalender weitergezählt. Später wurde der Jahresbeginn wieder auf den 1. Januar zurückverlegt.

Am 22. September 1792 begann die Zählung wieder neu mit dem 1. Jahr der Republik. An diesem Tag wurde die Monarchie abgeschafft.

Jahreszählung	**Zeitraum nach dem Gregorianischen Kalender**
1. Jahr der Freiheit	14. Juli 1789 – 13. Juli 1790
2. Jahr der Freiheit	14. Juli 1790 – 31. Dezember 1790
3. Jahr der Freiheit	1. Januar 1791 – 31. Dezember 1791
4. Jahr der Freiheit	1. Januar 1792 – 21. September 1792
1. Jahr der Republik	1. Januar 1792 – 31. Dezember 1792
2. Jahr der Republik	1. Januar 1793 – 4. Oktober 1793

Mit der Einführung des französischen Revolutionskalenders am 5. Oktober 1793 wurde der Jahresbeginn nochmals neu festgelegt. Und zwar auf den 22. September. Der Jahresanfang fällt immer auf den Tag des Herbstäquinoktium, d.h. auf den Tag, an dem Tag und Nacht gleich lang sind.

Jahreszählung	**Zeitraum nach dem Gregorianischen Kalender**
1. Jahr der Republik	22. September 1792 bis 21. September 1793
2. Jahr der Republik	22. September 1793 bis 21. September 1794

Das Jahr des Republikanischen Kalenders wird in 12 Monate zu exakt 30 Tagen aufgeteilt, wobei ein Monat aus 3 Dekaden besteht. Die 7 Tage-Woche wurde somit abgeschafft. Jeweils drei Monate ergeben zusammen eine Jahreszeit. Die Monate in der gleichen Jahreszeit haben dieselbe Endung.

12 mal 30 d gibt erst 360 Tage. Um eine Angleichung an das Tropische Jahr hinzubekommen, werden am Ende eines Jahres 5 bzw. 6 Schalttage „Sansculottides“ angehängt. (Es besteht hier eine Ähnlichkeit zum Ägyptischen Kalender.)

Monatsname	Anzahl der Tage	
	im Gemeinjahr	im Schaltjahr
Vendémaire *Monat der Weinlese*	30	30
Brumaire *Monat der Nebel*	30	30
Frimaire *Monat des Reifes*	30	30
Nivôse *Monat des Schnees*	30	30
Pluviôse *Monat des Regens*	30	30
Ventôse *Monat des Windes*	30	30
Germinal *Monat des Keimes*	30	30
Floréal *Monat des Blühens*	30	30
Prairial *Monat der Wiesen*	30	30
Messidor *Monat der Ernte*	30	30
Thermidor *Monat der Hitze*	30	30
Fructidor *Monat der Frucht*	30	30
Sansculottides	5	6
	365 Tage	366 Tage

Sansculottides

Tag	**Bezeichnung**
1.	jour de la vertu *(Tag der Tugend)*
2.	jour du génie *(Tag des Genies)*
3.	jour du labour *(Tag der Arbeit)*
4.	jour de la raison *(Tag der Vernunft)*
5.	jour de la récompense *(Tag der Belohnung)*
6.	jour de la révolution *(Tag der Revolution)*

Natürlich brauchte auch der Französische Revolutionskalender eine Schaltregelung. Der Mathematiker Gilbert Romme definierte eine Schaltregelung, die der Gregorianischen sehr ähnelt.

Alle 4 Jahre ist ein Schaltjahr, alle 100 Jahre ist ein normales Jahr, alle 400 Jahre ist wieder ein Schaltjahr. – Soweit ist die Regelung mit der Gregorianischen gleich – zusätzlich bildet jedes 4000. Jahr eine Ausnahme und ist wieder ein normales Jahr. Dank dieser Schaltregelung hat ein durchschnittliches Jahr 365.242245d. Wenn man bedenkt, dass das tropische Jahr nicht immer exakt gleich lang ist, ist diese Annäherung extrem genau.

Der Wahn alles in dezimale Einheiten aufzuteilen, brachte die Franzosen beinahe dazu, sogar eine neue Zeiteinheit einzuführen. Ein Tag hätte aus 10 Dezimalstunden bestanden, eine Stunde zu 100 Dezimalminuten und diese wiederum aus 100 Dezimalsekunden. Es kam aber nie zu dieser Zeitreform.

neuer Stil	**alter Stil**
1 Stunde *(Dezimalstunde)*	2 Stunden 24 Minuten
1 Minute *(Dezimalminute)*	1 Minute 26,4 Sekunden
1 Sekunde *(Dezimalsekunde)*	0,864 Sekunden

Der Französische Revolutionskalender wurde am 31.Dezember 1805 abgeschafft, und seit dem 1. Januar 1806 gilt der Gregorianische Kalender wieder. Die Umstellung auf die Zehntage-Woche wurde im gesellschaftlichen Leben nicht akzeptiert, und die Umstellung auf eine neue Zeitrechnung war ein zu grosser Schritt für die Bevölkerung.

C&T Calendar / Hanke-Henry Date and Time Calendar

Ein Kalender, der ein immer gleichbleibendes Jahr verwendet, ist der C&T Calendar oder auch Hanke-Henry Date and Time Calendar. Er behält jedoch die sehr traditionelle 7 Tage-Woche bei.
Professor Richard Conn Henry aus den USA entwarf einen Kalender mit 364 Tagen in 12 Monaten zu 30 oder 31 Tagen. Für die Anpassung an das tropische Jahr schaltete er in einem ersten Entwurf zwischen Juni und Juli eine Schaltwoche ein, in einem späteren Entwurf dann am Ende des Jahres.
Der Vorteil dieses Kalenders ist, dass 364 bei Division durch 7 aufgeht. D.h. ein Datum gehört stets zum selben Wochentag. Also fällt z.B. der erste Januar stets auf einen Sonntag.

January

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
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					

February

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		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			

March

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				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

April

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
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					

May

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		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			

June

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				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

HH Calendar

Xtr (Extra) week follows **December,** every so often →

(Years with an **Xtr week** are: **2015, 2020, 2026, 2032, 2037, 2043, 2048, 2054, 2060, 2065, 2071, 2076, 2082, ...)**

July

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
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					

August

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		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			

September

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				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

October

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
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					

November

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		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			

December

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				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

Xtr

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1	2	3	4	5	6	7

(The Hanke-Henry Calendar is valid for every year)

Da bei den bisher vorgestellten Kalendern eine relativ einfache Schaltregel existiert, versuchte ich für diesen Kalender ebenfalls eine Schaltregel zu finden. Im Internet und in Büchern wurde ich nicht fündig, ebenso wenig auf der Homepage des „Erfinders“ selbst.

Dafür existiert eine Tabelle mit allen Jahren aufgelistet, die ein Schaltjahr sind. Auf der Homepage beschreibt Professor Henry, dass sein Kalender nie mehr als 5 Tage vom Tropischen Jahr abweicht. Ich nehme deshalb an, dass die Schaltjahre nur mit dieser Regel bestimmt wurden.

Eine weitere gewisse Regelmässigkeit zur Bestimmung, ob es sich um ein Schaltjahr handelt oder nicht, ist, wenn der alte Gregorianische Kalender im entsprechenden Jahr mit einen Donnerstag beginnt oder endet. In diesem Fall handelt es sich um ein Schaltjahr im C&T Calendar.

Ich habe dann trotzdem noch alle Schaltjahre aufgelistet und habe versucht ein leichtes, nachvollziehbares Muster heraus zu lesen. Das einzige, was mir aufgefallen ist, ist, dass sich ein Zyklus von 400 Jahren abbildet. Natürlich kann ich das nur für die von mir untersuchten Jahre behaupten. (siehe Anhang)

Fazit

Alle Kalendersysteme haben einige Vor- und einige Nachteile. Es existieren unzählige weitere Kalendervorschläge, die funktionieren könnten. Klar ist aber, dass es in der heutigen Zeit relativ schwierig wird, eine neue Reform durchzusetzen. Wie man beim Julianischen und Gregorianischen Kalender erkennt, gelang es nur Persönlichkeiten mit viel Macht einen Vorschlag durchzubringen, und solche mächtigen Leute, die einen Einfluss auf die heute so vernetzte Welt haben, findet man nur sehr schwer.

Ich denke trotzdem, dass man nie aufhören darf, ein festgefahrenes System zu hinterfragen und Verbesserungsvorschläge zu entwerfen.

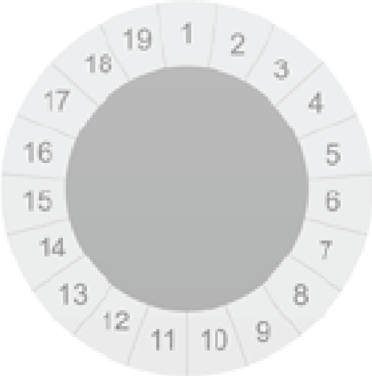
Julianische Tageszählung

2456120. Die Bedeutung dieser Zahl ist genauso unbekannt, wie die Julianische Tageszählung. Sie ist ein Teil unseres täglichen Lebens, sowie unserer modernen Gesellschaft. Sowohl die Geschichte dieser Zahlensystematik, als auch die Zyklen, die sie ausmachen sind deshalb notwendig, um die Scaliger (Julianische) Ära und die Rätsel bezüglich deren Epoche zu verstehen.

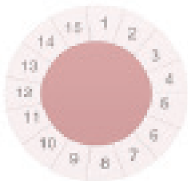
Joseph Justus Scaliger, der ein Historiker und Astronom im Frankreich der Renaissance war, entwickelte seine eigene Systematik, die er nachher die Julianische Tageszählung nannte. Sie heisst so, weil die Tageszählung den (Julianischen) Tag vom Julianischen Kalender als Zahleneinheit verwendet. In der Ordnung Scaligers werden die Tage fortlaufend nummeriert, deswegen kann die Tagesnummer niemals negativ sein. Demnach wird die Uhrzeit jedem Tag als Dezimalanteil beigefügt. Somit lässt sich die Zahlensystematik von Scaliger, die Julianische Tageszählung, unabhängig von Kalenderreformen angeben, da sie ihre eigene Struktur hat.

Die Julianische Tageszählung besteht aus drei Zyklen, nämlich Sonnenzirkel, Goldene Zahl (Mondzirkel) und Römerzinszahl. Diese Zyklen bilden den Scaliger-Zyklus resp. die Julianische Ära.

Der Sonnenzirkel gibt die Position des betreffenden Jahres im Sonnenzyklus an. Er nimmt die Werte von 1 bis 28 an. Z.B. im Jahr 2003 betrug der Sonnenzirkel 24. Der Wert des Sonnenzirkels von 1975 ist auch 24 gewesen. Das heisst für zwei Jahre mit demselben Sonnenzirkel kann der gleiche gregorianische Kalender, abgesehen von den Mondphasen, verwendet werden. Beispielsweise fällt der 29. August in beiden Jahren 1975 und 2003 auf einen Freitag.



Die Goldene Zahl ist eine Zahl zwischen 1 und 19. Sie gibt die Position des betreffenden Jahres im 19-Jährigen Mondzyklus an. Dem Jahr 2012 entspricht die Goldene Zahl 18. Gemeinsamer Mondzyklus in verschiedenen Jahren entspricht gleicher Mondphase an gleichem Datum. Beispielweise war der Frühlingsvollmond sowohl 1965 als auch 2003 am 16. April.



Die Römerzinszahl hat die Werte zwischen 1 und 15. Sie gibt die Position des betreffenden Jahres im sogenannten Indiktionszyklus an. Der Name stammt von der kaiserlich-römischen Verfügung über die Höhe der Steuer, die alle 15 Jahre erhoben wurde. Diese Zahl wurde noch das ganze Mittelalter hindurch meist in den Urkunden der gewöhnlichen Jahreszahl beigefügt. Das Jahr 2012 hat die Römerzinszahl 5. Der gegenwärtige Zyklus begann 2008 (Römerzinszahl 1) und endet 2022 mit der Zahl 15.

Sonnen- und Mondzyklus bilden zusammen den Osterzyklus. Er dauert 532 Jahre; 532 ist das kleinste gemeinsame Vielfache von 28 (Sonnenzyklus = 28 Jahre) und 19 (Mondzyklus = 19 Jahre). Ostern findet am ersten Sonntag nach dem Frühlingsvollmond statt. Es ist immer eine komplizierte Geschichte das Osterdatum zu bestimmen, weil dies von beiden Zyklen abhängt. Normalerweise soll das Osterfest alle 532 Jahren am gleichen Sonntag und am selben Datum gefeiert werden, da Sonne und Mond auf ihrer Bahn dann wieder an der gleichen Stelle stehen. Da es nur 35 mögliche Osterdaten gibt (22. März bis 25. April) dauert es natürlich wesentlich weniger als 532 Jahre, bis wieder das gleiche Osterdatum auftritt. Ostern war in den Jahren 1559, 1570 und 1581 stets am gleichen Tag, nämlich am 26. März. Wie man einer Tabelle der Osterdaten entnehmen kann, kommt es sehr oft vor, dass sich das Osterdatum nach 11 Jahren wiederholt.[1]

1 *Nach 532 Jahren wiederholt sich nicht nur ein einzelnes Osterdatum sondern der ganze Zyklus.*

Scaliger erweiterte den Osterzyklus von 532 Jahren um den Indiktionszyklus von 15 Jahren zum Scaliger-Zyklus (Julianische Ära), welcher 28 x 19 x 15, also 7980 Jahre dauert. Jedoch gab es die Frage bezüglich der Epoche der Julianischen Ära. Wann begann die Julianische Ära?

Die Zyklen; Sonnenzirkel 28, die Goldene Zahl 19 und die Römerzinszahl 15 Jahre. Man wusste, dass im Jahr 1 n. Chr. der Sonnenzirkel 10, die Goldene Zahl 2 und die Römerzinszahl 4 betrugen. Weil 28, 19 und 15 teilfremde Zahlen sind, garantiert der Chinesische Restsatz eine Lösung.[2]

So rechnete Scaliger die Epoche der Scaliger-Ära. Die Ära begann am ersten Januar des Jahres 4713 v. Chr. Dieses Ergebnis löste einen Konflikt bezüglich dem Alter der Welt aus. Die meisten Juden und Christen glaubten, dass der Schöpfungsakt im Jahr 3761 v. Chr. stattgefunden habe. Andererseits stellte der berühmte Astronom, Johannes Kepler, den Anfang der Welt auf das Jahr 3993 v. Chr. Da die Zeitgenossen mit einem derart abstrakten Kalender, wie Scaliger ihn einführte wenig anfangen konnten, vermuteten sie vielmehr, dass er mit seiner Epoche das Alter der Welt neu bestimmt habe. Doch Scaliger selbst verneinte dies stets.

Es ist bemerkenswert, dass diese Tageszählung noch heute in der Astronomie allgemein gebräuchlich ist. Weil der Tag um 12 Uhr beginnt, vermeidet diese Tageszählung die Missverständnisse für die Astronomen bei nächtlichen Beobachtungen. Ausserdem gilt die Julianische Tageszählung als internationaler Standard in der Raumfahrt.

Jetzt kann man eine interessante Frage stellen. Was ist heute gemäss Julianischer Tageszählung? Wie gesagt, die Epoche der julianischen Ära ist 1. Januar 4713 v. Chr. Heute ist 11. Juli 2012. Seitdem sind circa 6724.5 Jahre gegangen. 6724.5 x 365.25 (Tage in einem Jahr) ergibt 2'456'120 Tage. Das war die Zahl, deren Bekanntheit am Anfang in Frage gestellt wurde. Sie entspricht dem heutigen Datum. Fügt man die Uhrzeit als Dezimalanteil ein, korrespondiert 2456120,17 gerade jetzt diesem Moment (11. Juli 2012 um 16:45 Uhr) anhand der Julianischen Tageszählung.

2 *Hier könnte die mathematische Lösung des Problems vorgestellt werden.*

Das Rätsel des Mayakalenders

Der am weitesten entwickelte Kalender der mesoamerikanischen Ureinwohner fasziniert die Forscher seit langem, denn die Komplexität und Bedeutung dieses Kalenders wurde bis in das späte 20. Jahrhundert nur teilweise entdeckt. Die spanische Eroberung ist ein Grund dafür, dass heute wenig Dokumente vorhanden sind. Sie hat der Mayakultur einen grossen Schaden angerichtet und die wichtigsten Dokumente der Maya-Geschichte vernichtet.
Die Quellen unseres Wissens über die Maya besteht aus vier Art von Dokumenten:

- Bauwerke und Stelen mit Inschriften und Bemalungen
- Keramik und Kunstgegenstände mit Bemalungen und Gravuren
- Überlieferungen, Traditionen, Gebräuche, Mythologie und Religion (die im Gebiet noch teilweise geändert vorhanden sind)
- Codices: Madrider, Pariser und der berühmteste: der „Dresdener" Codex

Der Dresdener Codex ist deshalb so wichtig, weil in ihm alle astronomischen Ereignisse, den die Maya beobachtet oder vorgestellt hatten, notiert sind. Die Entzifferung dieses Codex ist aber nicht nur eine Aufgabe der Historiker, sondern eine Zusammenarbeit von verschiedenen Disziplinen wie Architektur, Astronomie, Archäologie und Mathematik.

Die spannendsten Fragen sind vielleicht, was die Maya alles berechnen konnten und wie die Kalendersysteme der Maya sich in unsere Zeitrechnung übertragen lassen.

ilaj
(es erschien)

ka-ka-tu-na-la
Venusgott

lak'in
(im osten)

chake ck'
der „Grosse Stern"

Die Zeitberechnung der Maya basiert auf 3 Hauptreferenzen: Die Venus, die Sonne und die Agrarperiode des Maises. Die Maya wussten, dass der Planet Venus, der als Abendstern am Westhimmel und als Morgenstern im Osthimmel zu sehen ist, eine synodische Umlaufzeit von 583,24 Tage hat. Die Eigenschaft, dass die Venus die kreisförmigste Bahn aller Planeten im Sonnensystem hat, war für die Maya wie eine Uhr. Im Dresdener Codex sind die Daten der Venus auf der Seite 24 und 46 bis 50 notiert.

Die zweite Referenz der Maya war die Sonne, die sie mit einem 365-tägigen Kalender berechneten. Bis zu der klassischen Epoche der Maya wurde diese Berechnung mit Schaltjahren berechnet, was natürlich die Berechnung viel genauer machte. Im Dresdener Codex sind 69 Finsternis-Zyklen notiert. (5 Venusumläufe am Himmel machen 8 Sonnenjahre.)

Eine andere Referenz war die Agrarperiode des Maises, die sie mit dem 260-tägigen T'zolkin Kalender berechnet hatten. Bis zur Klassik benutzten sie den Kalender aus landwirtschaftlichen Gründen, später hat der Kalender seine Funktion verloren, da die Schaltjahrregeln sich verändert hatten.

Diese drei Referenzen ergeben einen Zyklus von 37 960 = 65 x 584 = 104 x 365 = 146 x 260 Jahren. Da der mittlere Venuszyklus 0,08 Tage kürzer ist, notierten sie Korrekturperioden im Dresdener Codex (9.9.9.16.0, 1 Ahaw 18 K'ayab)

Maisgott

Was die Maya nicht berechnen konnten waren Angaben mit Bruchsysteme wie z.B 365,25, Multiplikationen von Zahlen (da sie ein Zahlsystem aber kein Rechensystem hatten), oder das Vorausrechnen, ob eine Sonnenfinsternis tatsächlich in ihrem Gebiet beobachtbar war.

Aber wie kann man diese Daten in unsere Zeitrechnung übertragen?
Die Problematik der Korrelationsberechnung sind:
Kalenderreformen → Änderung der Schaltjahrberechnung;
Änderung der Nutzung des **Tzolk'ins** und die Zählweise
und auch die Einflüsse der **mixtexischen** Kultur. Die Maya haben nicht nur reale astronomische Begebenheiten notiert, sondern auch fiktive Erscheinungen aus religiösen Gründen.

Für die Umrechnung eines Datums des Mayakalenders in andere Kalendersysteme, insbesondere den julianischen oder gregorianischen Kalender, wird eine Korrelationszahl verwendet, welche die Differenz zwischen dem Zahlenwert der langen Zählung der Maya und dem julianischen Tag angibt.

Die Ersten, die eine Korrelationszahl vorgeschlagen haben, waren der Journalist Joseph Goodman, der Astronom Juan Martinez und J.Eric Thompson. Gemäss dieser Konstante fiel das Anfangsdatum der langen Zählung auf den 8.September 3114 v.Chr. Jedoch wurde angenommen, dass es keine Kalenderreformen zwischen Klassik und Postklassik gab. Mit dieser Korrelation fällt nur die Hälfte der im Codex Dresden enthaltenen Finsternisdaten auf ein tatsächliches Datum. Deswegen hatten sie noch eine zweite, GMT2-Korrelation vorgeschlagen, die man zum Umrechen der Daten der klassischen Epoche benutzen konnte.

Die Problematik war, dass es keine Übereinstimmung zur Venustafel und keine Übereinstimmung mit anderen astronomischen Ereignissen in Inschriften und auf Bauwerken gab. Mit dieser Berechnungsmethode begann die klassische Periode 300 n.Chr., und endete 830 n.Chr.. Der Beginn der Postklassik ist etwa 1100 n.Chr.. Das heisst, es besteht eine Lücke von etwa 280 Jahren zwischen Klassik und Postklassik.

Die andere Berechnungsmethoden machten die Lücke nur noch grösser. Z.B. der Astronom Charles H.Smiley und Maud W.Makemson haben eine Korrelationskonstante von 482 639 Tagen vorgeschlagen, mit der man zwar das Startdatum der Venustafel mit einer sichtbaren Sonnenfinsternis begründen konnte, aber die Mondknoten nicht herausfinden konnte. Deswegen hatte der Chemieingenieur John Teeple eine korrelationsunabhängige Methode anhand der Finsternisdaten im Dresdener Codex entwickelt, die allerdings die Mayakultur ein paar Jahre älter machen würde.

2004 untersuchten Andreas Fuls und Bryan Wells, wann innerhalb eines bestimmten Zeitraums vier astronomische Zyklen unterschiedlicher Länge zusammentreffen:

- Neumond (29,530588 Tage)
- Sonne in der Nähe eines Mondknotens (173,31 Tage)
- tropisches Jahr (365,2422 Tage)
- synodische Umlaufzeit der Venus (583,9229 Tage)

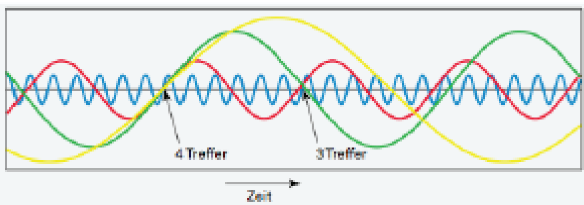
So sollte jede Quelle – ob Codex oder Inschrift in Bauwerken – in sich konsistente Kalenderdaten aufweisen.

Die Interpretation als astronomisches Ereignis müsse unabhängig von einer Korrelation möglich sein. Das heisst, das Ereignis muss sich durch Glyphen, Visierlinien oder astronomische Intervalle begründen. Fuls und Wells erhöhten schrittweise die Korrelationskonstante um jeweils einen Tag und prüften bei jedem Schritt wie viele Ereignisse erklärt werden konnten. Ein Prinzip war, dass die guten Korrelationskostanten die Anzahl erklärter Ereignisse maximieren sollen.

Die Rechnungen haben 5 Korrelationskonstanten ergeben:

1. Vier sind zwischen 3688 und 3408 v. Chr., was die Mayakultur um einige Jahrhunderte älter machen würde. Dies wäre auch im Widerspruch mit den archäologischen Befunden und historischen Chroniken.
2. Nur die fünfte Korrelationskonstante, die das Startdatum der langen Zählung in das Jahr 2906 v. Chr. legt, passte viel besser dazu. Die Rechnungen von Fuls und Wells geben genauer eine Korrelationskonstante von 660'208 Tage (d.h. das Startdatum der Langen Zählung: 21. Juli 2906 v. Chr.)
3. Der Untergang der Maya-Kultur würde - in der neuen Chronologie - mit der Entwicklung derjenigen der Tolteken (950 – 1200 n.Chr.) und Mixteken (ab 925 n.Chr.) in Zentralmexiko zusammenstimmen. Es ist daher naheliegend, dass der Niedergang der Maya-Zivilisation mit dem Ausstieg der Tolteken übereinstimmt, und wahrscheinlich kriegerischer Natur ist (nicht durch klimatische Veränderungen bedingt).

Kombinationen



Mittels Computers untersuchte der Autor gemeinsam mit Bryan Wells, wann innerhalb eines bestimmten Zeitraums vier astronomische Zyklen unterschiedlicher Länge zusammentreffen:
- Neumond (29,530588 Tage)
- Sonne in der Nähe eines Mondknotens (173,31 Tage)
- tropisches Jahr (365,2422 Tage)
- synodische Umlaufzeit der Venus (583,9229 Tage)

Übrigens - noch eine gute Nachricht am Schluss: Der befürchtete Weltuntergang vom 21. Dezember 2012 verschiebt sich gemäss dieser Korrelation um ca. 208 Jahre.

Architektur – Mathematik – Musik

Die Entwurfs- und Proportionierungsverfahren der Architektur sind nicht nur technische Hilfsmittel sondern hatten und haben stets den Sinn, eine geistige Ordnung und Harmonie in die Baukunst zu übertragen.

Harmonie
In der griechischen Mythologie ist Harmonia die Tochter aus der Verbindung des Kriegsgottes Ares (römisch: Mars) und der Schönheits- und Liebesgöttin Aphrodite (römisch: Venus). Harmonie bedeutet also die Vereinigung von Gegensätzen zu einem geordneten Ganzen. Harmonia vermählt sich mit Kadmos, dem Herrscher von Theben, der von den Thebanern mit Kosmos gleichgesetzt wurde. Symbolisch ist die Verbindung von Harmonie und Kosmos die Basis für das Entstehen menschlicher Kultur.

Pythagoras[1] und sein Orden haben die Verbindung von Harmonie und Kosmos zu einem umfassenden Weltbild ausgebaut. Der wesentlich neue Gedanke bestand darin, die aus der Mythologie stammenden Harmonievorstellungen als mathematische Regelmässigkeit konkret zu fassen, als Ordnung von Zahlen und Proportionen zu verstehen.
Pythagoras wird zugeschrieben, dass er die Entsprechung von Tönen und Zahlen entdeckt habe. Seine Experimente am Monochord haben erstmals gezeigt, dass die musikalischen Intervalle Oktave, Quinte, Quarte etc. schwingenden Saiten entsprechen, deren Längen sich wie 1:2, 2:3, 3:4 etc. verhalten. Für die Pythagoreer wird die Korrespondenz von Musik und Harmonie als „musikalische Harmonie“ zum Ausdruck der Weltordnung. Harmonie wird später als Tonart, Tongeschlecht, Melodie, ja sogar als Musik schlechthin verstanden.

Pythagoras im Ulmer Münster
Chorgestühl 1469 – 74 (Jörg Syrlin)

1 *Pythagoras von Samos (ca. 570–500 v.Chr.), bedeutender griechischer Mathematiker, Begründer der musikalischen Harmonielehre, Gründer des Ordens der Pythagoräer.*

In seinem Spätwerk „Timaios“ beschreibt Platon[2] die Schöpfung der Weltseele, die Gott nach den Idealzahlen gebildet hat. Diese Idealzahlen entsprechen den musikalischen Konsonanzen (Oktave, Quinte und Quarte). In seiner „Politeia“ stellt Platon die Lehre der Sphärenharmonien dar, nach welcher sich die Entfernungen der Wandelsterne (Sonne, Mond, Planeten) voneinander wie die Intervalle einer harmonischen Tonfolge verhalten.

Schönheit

Platon unterscheidet zwischen mathematischer und natürlicher Schönheit. Die natürliche Schönheit ist relativ, die mathematische ist die Schönheit an sich. Letztere enthält Elemente der Wirklichkeit. Die erste und höchste Stufe der Wirklichkeit besteht aus den Urgestalten und Ideen. Die sicht- und hörbare Welt ist ein Schatten dieser Ideen. Kunst ist Nachahmung der Schattenwelt und steht auf einer dritten Wirklichkeitsstufe. Architektur gehört nun aber zu den hervorbringenden Künsten Diese haben Vorrang vor den Künsten, die sich in der Nachahmung erschöpfen. Ein Kunstwerk, das Ausdruck einer inneren Ordnung ist, kann nicht allein aus Intuition geschaffen werden, sondern benötigt auch Masse und Zahlen. Die wahre Schönheit ist in vollkommenen Zahlen und Proportionen enthalten. Im „Timaios“ nennt er neben den Idealzahlen der Tonleiter auch die fünf Platonischen Körper, welche aus den zwei Elementardreiecken[3] aufgebaut werden können.

Für Aristoteles[4] ist die Architektur Ausdruck einer mathematisch verwirklichten Schönheit, welche Ordnung, Symmetrie[5] und Begrenzung einschliesst. Für ihn vollendet die Kunst, was die Natur nicht zu vollenden vermag. Sie hat schöpferischen Charakter; ihr Wert ist in sich selbst beschlossen. Aristoteles anerkennt bei der Betrachtung des Schönen auch einen subjektiven Faktor. Nicht nur die Vernunft sondern auch die Sinne sind fähig, Schönes zu erkennen und zu beurteilen. Neben den auf Symmetrie und Mass beruhenden Gedanken des Universal-Schönen tritt nun das Motiv des Anmutig-Schönen, welches auch **Eurhythmie** genannt wurde.

Der Renaissance-Architekt Alberti[6] leitete das Wesen der Architektur vom „Weltgesetz der Concinnitas“ ab. Dieses Gesetz hat „die Aufgabe, Teile, welche sonst von Natur aus untereinander verschieden sind, nach einem gewissen durchdachten Plane so anzuordnen, dass sie durch ihre Wechselwirkung einen schönen Anblick gewähren“. Darin klingt die ursprüngliche Bedeutung des Harmoniebegriffs an. Alberti schreibt weiter:
„Die Schönheit ist eine gewisse Übereinstimmung und ein Zusammenklang der Teile zu einem Ganzen gemäss einer bestimmten Zahl, Proportion und Ordnung, so wie es die concinnitas, d.h. das absolute und oberste Naturgesetz fordert.“ Mit der Aussage, dass dieses Gesetz in der Musik und ihren Zahlenverhältnissen seine klarste Ausprägung erfahren habe, erweist er sich als neuzeitlicher Vertreter der pythagoreisch-platonischen Lehre.

2 *Platon (427–347 v. Chr.), bedeutender griechischer Philosoph, Begründer der Akademie, Lehrer von Aristoteles*

3 *Elementardreiecke sind das halbe gleichseitige und das rechtwinklig-gleichschenklige Dreieck.*

4 *Aristoteles (384–322 v.Chr.), bedeutender griechischer Philosoph, Schüler von Platon und Lehrer von Alexander dem Grossen*

5 *Die Bedeutung von „Symmetrie“ hat sich im Lauf der Geschichte enorm gewandelt.*

6 *Leon Battista Alberti (1404–1472), bedeutender römischer Architekt. Verfasser von „De re aedificatoria libri decem“ (Zehn Bücher über die Baukunst). Erste schriftliche Fassung einer Theorie der Perspektive.*

Leon Battista Alberti
Statue in der Galerie der Uffizien Florenz

Proportion und Intervalle
Überall wo es um „Form" geht – also in der Geometrie, in der Architektur, Kunst und Gestaltung – spielt der Begriff der Proportion eine zentrale Rolle. Im übertragenen Sinn kommt er auch in der Alltagssprache vor. Beispielsweise wird ein Journalist oder Politiker ermahnt, er möge „die Proportionen wahren".

Nach klassizistischer Auffassung[7] besteht in der Architektur das Schöne vornehmlich in der Proportion. Nicht jeder zeitgenössische Architekt wird diese Auffassung teilen. Es ist jedoch bemerkenswert, dass wesentliche Beiträge der Architekturtheorie von Vitruv bis Le Corbusier Proportionslehren sind.

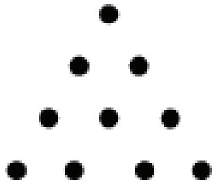
Proportionen treten in allen drei Dimensionen auf: zunächst eindimensional als Verhältnisse von Streckenlängen auf ein und derselben Geraden; dann zweidimensional, als Verhältnis von Länge zu Breite bzw. Höhe zu Breite (Länge) eines Rechtecks; schliesslich dreidimensional, als Verhältnis von Länge, Breite und Höhe eines Quaders.

In seiner Habilitationsschrift unterscheidet von Naredi-Rainer[8] zwischen kommensurablen und inkommensurablen Proportionen. Nach Euklid[9] heissen „zwei Grössen (Streckenlängen) kommensurabel, wenn sie ein gemeinsames Mass besitzen"; d.h., wenn beide Längen ganzzahlige Vielfache einer gewissen „Einheitsstrecke" sind. Anders ausgedrückt sind zwei Streckenlängen kommensurabel, wenn ihr Verhältnis, als Bruch dargestellt, eine rationale Zahl ist. Zwei Streckenlängen sind hingegen inkommensurabel, wenn kein gemeinsames Mass gefunden werden

7 J.J. Winckelmann (1717–1768) in: Abhandlung von der Fähigkeit der Empfindung des Schönen in der Kunst (Dresden 1763)
8 Paul von Naredi-Rainer: „Architektur und Harmonie" (DuMont Köln 1982)
9 Euklid von Alexandria (ca. 365–300 v.Chr.), griechischer Mathematiker, Verfasser der „Elemente", einer Sammlung von Mathematik-Lehrbüchern, die heute noch verwendet werden.

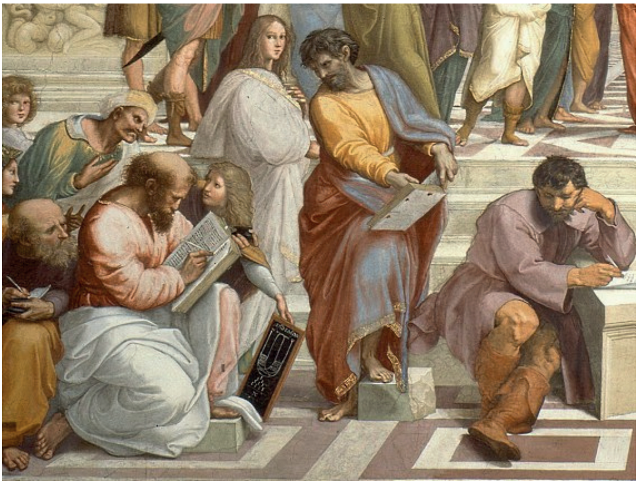
kann. Seite und Diagonale des gleichen Quadrats ergeben das bekannteste Beispiel für inkommensurable Strecken. Das Verhältnis beträgt $\sqrt{2} : 1$; $\sqrt{2}$ ist bekanntlich eine irrationale Zahl: d.h. sie kann nicht als Bruch mit ganzzahligem Zähler und Nenner dargestellt werden.

In der Renaissance wurden dem architektonischen Entwurf vorwiegend kommensurable Proportionen zugrunde gelegt. Albertis ästhetisches Grundprinzip der „concinnitas“ drückt sich in bestimmten Zahlen und Proportionen aus, welche am klarsten in der Musik auftreten. Darunter versteht er die konsonanten Intervalle der Quinte (2:3), Quarte (3:4), Oktave (1:2), Duodezime (1:3) und der Doppeloktave (1:4). Alle vorkommenden Zahlen gehören zur pythagoreischen Tetraktys 1 2 3 4[10]. Diese wird geometrisch durch das „vollkommene Dreieck“ dargestellt, arithmetisch durch die „Dreieckszahl“ $1+2+3+4=10$



Geometrische Darstellung der Tetraktys durch das „vollkommene Dreieck“

Neben Oktave, Quinte und Quarte gehört auch der Ganzton zu den Elementen des griechischen Tonsystems. Dieses kann durch eine andere Art von Tetraktys, nämlich durch die Folge 6 8 9 12 in ganzen Zahlen ausgedrückt werden: Oktave 6:12 = 1:2, Quinte 6:9 = 8:12, Quarte 6:8 = 9:12 und Ganzton 8:9. Beide Formen der Tetraktys sind auf einer Tafel dargestellt, welche in Raffaels[11] Gemälde „Schule von Athen“ (1509 – 10) der Gruppe um Pythagoras zugeordnet ist.



Pythagoras mit der Tetraktystafel auf Raffaels Gemälde „Die Schule von Athen“.
Er schreibt in einem Buch, auf der schwarzen Tafel zeigt ihm ein Schüler ein Diagramm mit der harmonikalen Zuordnung der Zahlenverhältnisse von Oktave, Quinte und Quarte.

10 *Vgl. dazu van der Waerden: Erwachende Wissenschaft, Basel 1966*

11 *Raffaelo Santi (1483–1520), bedeutender italienischer Maler und Bildhauer. In seiner „Schule von Athen“ drückt er die Bewunderung des Renaissance-Menschen für die Antike aus.*

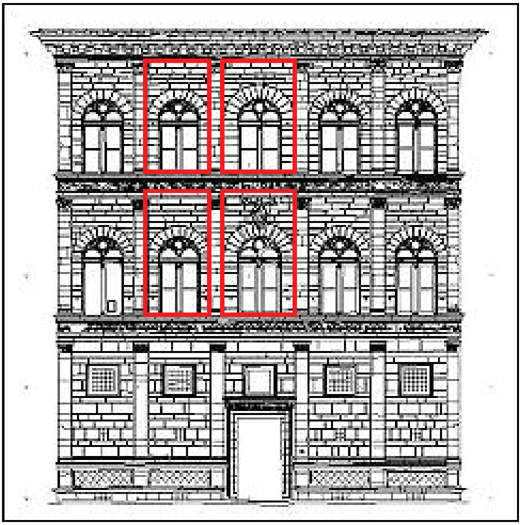
Die pythagoreische Tonskala war in der Musiktheorie bis zum 16. Jahrhundert massgebend. Aus zwei Ganztönen wird die grosse Terz (64:81) gebildet, ihr Komplementärintervall zur Oktave ist die kleine Sexte (81:128). Aus Quinte und Ganzton entsteht die grosse Sexte (16:27), sie wird zur Oktave ergänzt durch die kleine Terz (27:32). Die grosse Terz wird zur Quarte ergänzt durch einen Halbton, der in der pythagoreischen Skala durch das Verhältnis 243:256 dargestellt wird. Aus Quinte und grosser Terz entsteht die grosse Septime (128:243). Letztere ist auch das Komplementärintervall zum Halbton, während der Ganzton durch die kleine Septime (9:16) zur Oktave ergänzt wird. Alle hier vorkommenden Intervalle können durch das Verhältnis einer Zweier- zu einer Dreierpotenz (oder umgekehrt) dargestellt werden. Jedes pythagoreische Intervall ist somit vom Verhältnis 2:3 der Quinte abgeleitet.

Schon im Altertum wurden aber auch die reinen Terzen (4:5 und 5:6) verwendet. Im Gegensatz zu den pythagoreischen Terzen werden diese durch einfache Verhältnisse ausgedrückt, in denen die Zahl 5 vorkommt. Da diese Zahl in beiden Formen der Tetraktys nicht vorkommt, galten die reinen Terzen bis zum Ende des Mittelalters nicht als Konsonanzen. Das erste Zeugnis für die Empfindung der reinen Terzen und ihrer Komplementärintervalle, der reinen Sexten (3:5, 5:8), als konsonante Intervalle findet sich beim spanischen Musiktheoretiker Ramos de Pareja um 1480. In seinen 1558 gedruckten und für die Musik der Renaissance massgebenden „Istitutioni harmoniche“ ersetzte Gioseffo Zarlino (1517–1590) schliesslich die den Pythagoreern heilige Vierzahl durch die „vollkommene“ Sechszahl[12] . Damit stand der Ablösung der pythagoreischen Skala durch die Skala der reinen Intervalle nichts mehr im Wege. In der folgenden Tabelle werden beide Tonskalen einander gegenüber gestellt:

	pythagoreisch	**rein**
Halbton *(semitonium)*	243 : 256	15 : 16
kleiner Ganzton *(tonus)*		9 : 10
grosser Ganzton *(tonus)*	8 : 9	8 : 9
kleine Terz *(semiditonus)*	27 : 32	5 : 6
grosse Terz *(ditonus)*	64 : 81	4 : 5
Quarte *(diatessaron)*	3 : 4	3 : 4
Tritonus *(tritonus)*	512 : 729	32 : 45
Quinte *(diapente)*	2 : 3	2 : 3
kleine Sexte *(semitonium et diapente)*	81 : 128	5 : 8
grosse Sexte *(tonus et diapente)*	16 : 27	3 : 5
kleine Septime *(semiditonus et diapente)*	9 : 16	5 : 9
grosse Septime *(ditonus et diapente)*	128 : 243	8 : 15
Oktave *(diapason)*	1 : 2	1 : 2

12 *Schon die Pythagoräer nannten eine (natürliche) Zahl vollkommen, wenn sie gleich der Summe ihrer echten Teiler ist. Die Zahlen 6 (6 = 1+2+3) und 28 (28 = 1+2+7+14) sind vollkommen.*

Die über die Oktave hinausgehenden Intervalle können stets aus den angegebenen zusammengesetzt werden. Beispielsweise ist eine Duodezime (1:3) zusammengesetzt aus Oktave und Quinte. Es leuchtet ein, dass die komplizierten Zahlenverhälnisse der pythagoreischen Terzen und Sexten für die Übertragung auf den architektonischen Entwurf ungeeignet waren. Umsomehr sind es die einfachen Verhältnisse der reinen Terzen und Sexten, welche von den Architekten der fühen Neuzeit gerne verwendet wurden. Im Zusammenhang mit der Aufwertung der reinen Tonskala ist es interessant, die Fassade des von Alberti um 1455 erbauten Palazzo Rucellai in Florenz zu analysieren. Es stellt sich nämlich heraus, dass in dieser Fassade sämtliche Zahlenverhältnisse der reinen Tonskala als geometrische Proportionen vorkommen. Wir wollen hier lediglich auf die Proportionen der von Pilastern und Gesimsen (in der Figur rot) gerahmten Rechtecksflächen eingehen. Für eine ausführliche Analyse siehe „Architektur und Harmonie“ *(S. 168ff)*. Das Raster der Rechtecksflächen besteht nicht aus kongruenten „Maschen“, denn die Geschosshöhen variieren, und die Mittelachse ist um 3/5 Ellen breiter als die übrigen Achsen. Dies hat nun zur Folge, dass je zwei der vier gefärbten Rechtecke verschieden proportioniert sind. Im Rechteck oben links verhält sich die Breite zur Höhe wie 5:9, entspricht somit der kleinen Septime. Das Rechteck oben rechts hingegen entspricht einer kleinen Sexte; d.h., Breite und Höhe verhalten sich wie 5:8. Das Rechteck unten links stellt mit dem Verhältnis Breite zu Höhe gleich 8:15 eine grosse Septime dar, während das vierte Feld unten rechts mit dem Verhältnis 3:5 einer grosse Sexte entspricht.



Fassade des Palazzo Rucellai in Florenz (Alberti) mit nach reinen Intervallen proportionierten Rechtecken

Kalender

Ihre astronomischen Grundlagen und ihre Geschichte

Mit dem Bild des Himmels verknüpft ist der Begriff der „natürlichen" Zeit, d.h. der Zeit, die durch den regelmässigen Umlauf der Gestirne festgelegt wird. Der unvoreingenommene Beobachter erlebt die Zeit durch den Wechsel und die Wiederholung

- von Tag und Nacht
- der Mondphasen
- der vier Jahreszeiten

Dass die Änderung des Sonnenstandes den Wechsel der Jahreszeiten bewirkt, muss schon sehr früh erkannt worden sein. Zeuge dafür ist etwa die megalithische Anlage von Stonehenge (Südengland) mit der Hauptausrichtung zur Sommersonnenwende. Offenbar bestand auch schon sehr früh das Bedürfnis, die natürliche Zeit in der Form eines Kalenders zu ordnen.

Die Einsetzung eines neuen Kalenders bedeutet für die betroffene Kultur eine einschneidende Veränderung. Ein neuer Kalender kann sich nur dann durchsetzen, wenn er gegenüber dem alten Kalender mehr Vor- als Nachteile bringt und wenn die Behörde, die den neuen Kalender verordnet, mit grosser Machtfülle ausgestattet ist. Beides trifft sicher zu auf den im Jahr 45 v. Chr. von Julius Caesar eingeführten „Julianischen" Kalender, ebenso auf den Islamischen Kalender, der im Jahr 638 vom zweiten Kalifen Umar Ibn al-Chattab eingesetzt wurde. Es trifft teilweise zu auf den Gregorianischen Kalender, der von Papst Gregor XIII. im Jahr 1582 per Dekret für die Christenheit verbindlich erklärt wurde. Da die Machtfülle des Papstes durch die erst ein halbes Jahrhundert zurück liegende Reformation deutlich eingeschränkt war, brauchte es sehr lange, bis sich der Gregorianische Kalender europaweit durchsetzen konnte. In Zürich z.B. wurde der neue Kalender erst 1701 eingeführt.

Andere Kalenderreformen scheiterten aus politischen oder religiösen Gründen. Der Versuch von Ptolemäus III., im Jahr 239 v. Chr. den ägyptischen Kalender zu reformieren (im sog. Dekret von Kanopus), scheiterte am Widerstand der Priesterkaste. Nach der Revolution in Frankreich (1789) wollten die neuen Machthaber die gewonnene Freiheit gegenüber der Kirche mit einem neuen Kalender feiern. Er trat am 5. Oktober 1793 in Kraft, wurde aber schon am 31. Dezember 1805 durch Napoleon aus politischen Gründen wieder abgeschafft. Auch dem Kalender der russischen Revolution war keine längere Lebensdauer beschieden. Nach der Revolution wurde der immer noch gültige julianische Kalender zunächst durch den gregorianischen ersetzt. Im Jahr 1929 wurde der gregorianische Kalender ähnlich dem französischen Revolutionskalender abgeändert. Eine weitere Veränderung folgte schon 1932, und 1940 wurde dann beschlossen, zum gregorianischen Kalender zurückzukehren.

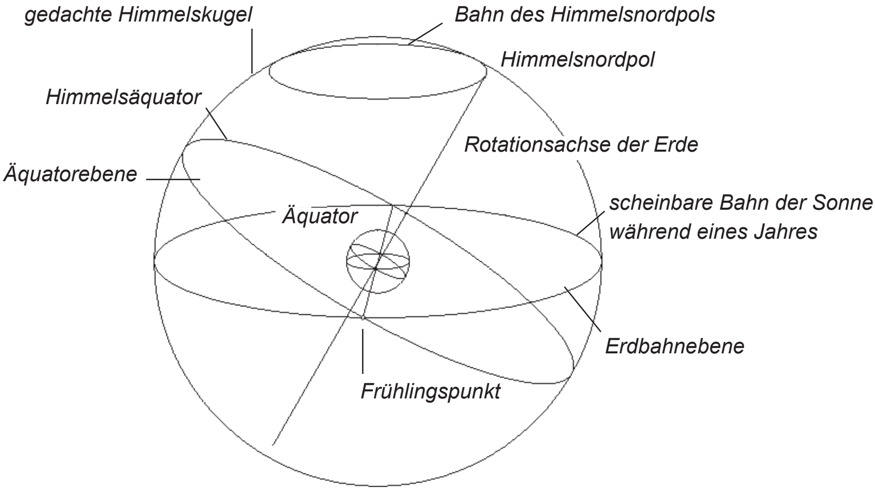
Astronomische Grundlagen

Ein Kalender ordnet die Zeitintervalle

Tag – Monat – Jahr

Wenn wir die Aufgabe, vor der die Kalendermacher stehen, richtig verstehen wollen, müssen diese Alltagsbegriffe zunächst präzisiert werden. D.h. dass wir uns vorerst mit elementarer Astronomie zu befassen haben.

In der Astronomie verwendet man in erster Linie geozentrische Koordinatensysteme. Man denkt sich die Gestirne auf eine Kugel projiziert, in deren Zentrum die Erde als Punkt angenommen wird. Diese Kugel heisst Himmelskugel. Die Weltachse ist die Verlängerung der Erdachse; sie trifft die Himmelskugel in den beiden Himmelspolen. Die Ebene durch das Zentrum, welche zur Weltachse senkrecht steht, schneidet die Himmelskugel im Himmelsäquator. Für einen festen Beobachtungsort liegen die oberen Kulminationspunkte sämtlicher Gestirnsbahnen auf einem Halbkreis, dem Himmelsmeridian. Die jährliche scheinbare Sonnenbahn heisst Ekliptik. Längs der Ekliptik liegt ein Kranz von 12 Sternbildern, den man Tierkreis nennt. Die Ekliptik schneidet den Himmelsäquator in zwei Punkten; dem Frühlings- bzw. Herbstpunkt.



Der Sonnentag ist die Zeitspanne zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen der Sonne durch den Himmelsmeridian. Wegen der ungleichförmigen (scheinbaren) Bewegung der Sonne durch die Ekliptik (nach dem 2. Keplerschen Gesetz) lässt man eine fiktive mittlere Sonne gleichmässig durch den Himmelsäquator laufen und bezieht darauf die mittlere Sonnenzeit. Der mittlere Sonnentag wird in 24 Stunden eingeteilt. Der Sterntag ist die Zeitspanne zwischen zwei aufeinander folgenden Durchläufen eines Fixsterns durch den Himmelsmeridian. Der Sterntag ist etwas kürzer als der Sonnentag; er dauert 23h 56min 4s.

Der synodische Monat ist die Zeitspanne zwischen zwei gleichartigen Mondphasen (z.B. von Neumond zu Neumond) und dauert im Mittel 29,53059d, wobei hier d die Länge des mittleren Sonnentags bezeichnet. Der siderische Monat ist die Zeitspanne zwischen zwei aufeinander folgenden Vorübergängen an demselben Fixstern; er dauert 27,32166d und ist damit gut 2 Tage kürzer als der synodische Monat.

Das tropische Jahr ist das Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt und dauert 365,24220d. Das siderische Jahr ist das Zeitintervall zwischen zwei aufeinander folgenden Vorübergängen der Sonne an einem Fixstern. Es dauert 365,25636d und ist damit um ca. 20min 25s länger als das tropische Jahr – infolge der Erdpräzession verschiebt sich der Frühlingspunkt rückläufig durch die Ekliptik. Ein siderisches Jahr enthält 366,25636 Sterntage und damit genau einen Sterntag mehr als es Sonnentage hat. Mit Präzession bezeichnet man die Verlagerung der Achse eines Kreisels bei Einwirkung äusserer Drehmomente. In unserem Zusammenhang ist die Erde der Kreisel, und die Drehmomente werden von der Sonne und dem Mond ausgeübt. Die Erdachse beschreibt einen Kegelmantel um das Lot zur Ekliptik. Ein ganzer Umlauf dauert ca. 25'800 Jahre. Diese Zeitspanne wird Platonisches Jahr genannt. Innerhalb eines Platonischen Jahres durchläuft der Frühlingspunkt den ganzen Tierkreis.

Für Kalender massgeblich sind der Sonnentag, der synodische Monat und das tropische Jahr, also die Zeitmasse, deren Ursache unmittelbar beobachtet werden kann. Nun können Kalenderjahr und Kalendermonat nur eine ganze Anzahl Tage, das Kalenderjahr nur eine ganze Anzahl von Kalendermonaten enthalten. Die Schaffung eines Kalenders ist ein Näherungsproblem, dessen Lösungen ganzzahlig sein müssen.

Kalenderjahre

Das ägyptische Jahr hatte stets 365 Tage. Durch diese eher grobe Näherung wanderte das ägyptische Jahr in 1461 Jahren einmal durch die Jahreszeiten. In einem Menschenleben machte dies ca. 20 Tage aus und fiel damals nicht ins Gewicht. Die Ägypter kannten keine eigentlichen Jahreszeiten. Doch wichtig für sie war der Zeitpunkt der Nilüberschwemmung. Es wurde beobachtet, dass diese stets mit dem Erscheinen des Sternes Sothis (heute Sirius) am Morgenhimmel zusammenfällt. Die Periode von 1461 ägyptischen Jahren heisst deshalb Sothis-Periode; die ägyptische Geschichte wird oft in Sothis-Perioden eingeteilt.

Bei der Reform des römischen Kalenders zog Julius Cäsar den ägyptischen Astronomen Sosigenes als Berater bei. Von 45 v.Chr. an galt nun der Julianische Kalender: Der Monat Februar bekam in jedem vierten Jahr einen zusätzlichen Tag, und der römische Jahresanfang wurde vom 1. März auf den 1. Januar vorverlegt. Der julianische Kalender mit seiner mittleren Jahreslänge von 365,25 Tagen entspricht schon recht gut dem tropischen Jahr. Doch bis zum Beginn der Neuzeit hatte sich die Ungenauigkeit zu 10 Tagen aufsummiert. Dies konnte von der römischen Kirche nicht mehr toleriert werden.

Im Jahr 1582 wurde durch Papst Gregor XIII. der heute noch gültige Gregorianische Kalender eingeführt. Das Jahr 1582 hatte dadurch nur 355 Tage: Auf den 4. Oktober folgte der 15. Oktober. Damit solche Korrekturen überflüssig werden, lässt man im Gregorianischen Kalender innert 400 Jahren drei Schaltjahre aus. (Dies sind die Hunderterjahre, die nicht durch 400 teilbar sind, also z.B. 1700, 1800, 1900, nicht aber 1600 oder 2000.) Somit besteht das mittlere gregorianische Jahr aus = 365,2425 Tagen. Es ist damit immer noch etwas zu lang, aber es dauert nun mehr als 3300 Jahre, bis die Abweichung vom tropischen Jahr einen vollen Tag erreicht. Wie schon bemerkt, wurde die gregorianische Reform bei uns (auch in Bern, Basel und Genf) erst zum Jahreswechsel 1700/01 durchgeführt. Auf den 31. Dezember 1700 folgte unmittelbar der 12. Januar 1701 – im Kanton Zürich gab es somit im Jahr 1701 weder einen Neujahrstag noch einen Dreikönigstag.

Neunzehn tropische Jahre entsprechen ziemlich genau 235 synodischen Monaten. Dieser 19-jährige Mondzyklus wird nach dem griechischen Astronomen Meton auch Metonscher Zyklus genannt. Meton schlug im Jahr 433 v.Chr. vor, jeden Zyklus von 19 Jahren in 12 Jahre zu 12 Monaten und 7 Jahre zu 13 Monaten einzuteilen. Dies ergibt zusammen 235 Monate, wobei 125 Monate 30 Tage und 110 Monate 29 Tage umfassen sollten. Das sind 3750 + 3190 = 6940 Tage, was genau einem Zyklus von 19 Julianischen Jahren mit 5 Schaltjahren entspricht. Auf dem Vorschlag von Meton beruhen sowohl der Kalender der Griechen als auch der (späte) babylonische Kalender. Das zugehörige Kalenderjahr wird in der Chronologie (Wissenschaft von der Zeiteinteilung) Babylonisches Jahr genannt.

Das Babylonische Jahr ist somit ein Mondjahr, bei welchem jedoch der Gleichlauf mit den Jahreszeiten durch Einschub von Schaltmonaten berücksichtigt wird (ein sog. Lunisolarjahr). Wie oben ausgeführt, ist dieser Gleichlauf nach einem Metonschen Zyklus von 19 Jahren wieder erreicht. Nach 19 babylonischen Jahren kann wieder derselbe Kalender verwendet werden.

Das Jüdische Jahr entspricht im Wesentlichen dem babylonischen Jahr. In einem 19-jährigen Mondzyklus sind Schaltjahre das 3., 6., 9., 11., 14., 17. und 19. Jahr. Infolge einer recht komplizierten Bestimmung des Jahresanfangs gibt es im jüdischen Kalender jedoch sechs verschiedene Jahreslängen: Ein jüdisches Gemeinjahr (12 Monate) kann 353, 354 oder 355 Tage umfassen. Es wird dann als mangelhaftes, reguläres bzw. überzähliges Gemeinjahr bezeichnet. Ein jüdisches Schaltjahr (13 Monate) kann entsprechend 383, 384 oder 385 Tage umfassen.

Das Islamische Jahr ist ein reines Mondjahr. Ein islamisches Gemeinjahr umfasst 354, ein Schaltjahr 355 Tage. In einem 30jährigen Zyklus sind Schaltjahre das 2., 5., 7., 10., 13., 15., 18., 21., 24., 26. und das 29. Jahr. Der Jahresbeginn wandert durch die Jahreszeiten. Es dauert mindestens 67 islamische Jahre, bis der Anfang zum ersten Mal wieder auf dasselbe gregorianische Datum fällt. Es ist bemerkenswert, dass es im islamischen Kulturkreis auch ein Sonnenjahr gibt – das persische Kalenderjahr.

Wie der persische Kalender ist auch der Kalender der französischen Revolution ein Sonnenkalender, für den die Schaltregel des persischen Gelehrten Omar Chaiam (1050–1123) angewendet wurde: Ein Zyklus von 33 Jahren enthält 8 Schaltjahre. Die mittlere Jahreslänge beträgt 365,24221 Tage und kommt damit dem tropischen Jahr sehr viel näher als die mittlere Länge eines gregorianischen Jahrs.

Wir beschliessen diesen Abschnitt mit der Einführung der Begriffe „Epoche“ und „Ära“. Unter einer Epoche versteht man in der Chronologie den Anfang einer Zeitrechnung. Heute wird Epoche fälschlicherweise mit Zeitraum gleichgesetzt. Korrekt bedeutet es einen Zeitpunkt. Mit der Epoche beginnt eine Zeitrechnung oder Ära. Dieses Wort kommt von lateinisch „aes“, was zunächst Kupfer, Erz, später Münzen, dann Zahl und schliesslich Jahreszählung bedeutete. Die römische Ära begann mit der Gründung der Stadt Rom („ab urbe condita“). Die christliche Ära basiert auf der Geburt von Jesus Christus. Das Datum wurde erst im 6. Jahrhundert durch den skythischen Abt Dionysius Exiguus festgelegt und stimmt deshalb wohl nicht genau. Die christliche Ära begann im Jahr 753 ab urbe condita. Für die Zeit vor Christi Geburt wurde aber bis zum Ende des Mittelalters weiterhin die römische Ära verwendet. Erst durch das Wirken von J.J. Scaliger[1] wurde die Rückwärtszählung der Jahre vor Christi Geburt allgemein gebräuchlich. Die Epoche des jüdischen Kalenders ist die „Erschaffung der Welt“, welche vermutlich durch den Patriarchen Hillel II.(um 360 n.Chr.) auf den 6. Oktober 3761 v.Chr. angesetzt wurde. Schliesslich ist die Epoche des islamischen Kalenders die Hidschra, d.h. die Flucht des Propheten Mohammed aus Mekka (16. Juli 622 n.Chr.).

1 *J.J. Scaliger (1540–1609), Universalgelehrter, stellte in Form der Julianischen Ära der Gregorianischen Kalenderreform seine eigene Zeitsystematik gegenüber. Es war seine Idee, den Tag als Zähleinheit der Geschichte zu verwenden. Vgl. den Text zum Thema „Julianische Tageszählung“.*

Woche und Monat
Woche und Monat sind zwar Annäherungen an Mondviertel und Mondperiode, doch haben sie weder im julianischen noch im gregorianischen Kalender einen direkten Bezug zum Mond. Die 7-Tage-Woche stammt vermutlich aus der babylonisch-jüdischen Tradition (vgl. die Schöpfungsgeschichte der Bibel, Genesis 1,1-2,4a) Als Zeitordnung setzte sie sich vermutlich schon vor Julius Caesar im Römischen Reich durch und gilt im Abendland seither in ungestörter Abfolge. Selbst die gregorianische Reform mit ihrem Datumssprung konnte dieser Abfolge nichts anhaben: Der 4. Oktober 1582 war ein Donnerstag und der 15. Oktober ein Freitag. Nur die Revolutionskalender in Frankreich (1793–1805) und Russland (1929–1940) konnten die Sieben-Tage-Woche kurzzeitig und lokal stören.

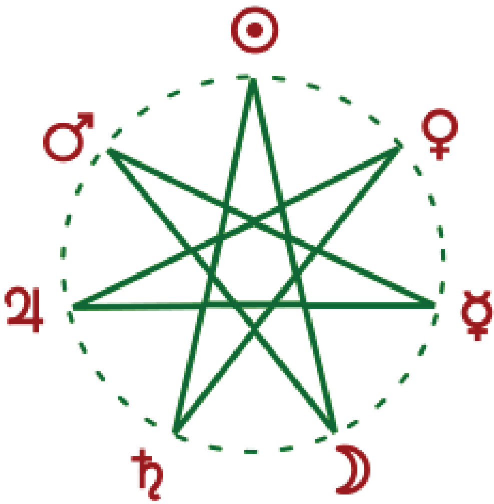
Im französischen Revolutionskalender wurde das Jahr in 12 Monate zu je 30 Tagen plus 5 oder 6 Schalttage eingeteilt. (Vgl. den Text zum Thema „Kalenderreformen".) Im russischen Kalender wurde das Jahr ebenfalls in 12 Monate zu 30 Tagen plus 5 oder 6 Schalttage eingeteilt. Neu wurde jedoch der Monat in 6 Wochen zu 5 Tagen eingeteilt, und die Woche bestand aus vier Arbeitstagen und einem Ruhetag. Die Wochentage wurden nummeriert, die traditionellen Monatsbezeichnungen aber beibehalten. Ab 1932 bis 1940 wurde der Monat dann in 5 Wochen zu 6 Tagen unterteilt.

Nach diesem kleinen Exkurs kehren wir zur traditionellen Siebentagewoche zurück. Die Römer benannten die Wochentage nach den sieben Planetengöttern. Diese entsprachen den fünf im Altertum bekannten Planeten, ergänzt durch Sonne und Mond. Die germanischen Bezeichnungen sind z.T. von germanischen Gottheiten abgeleitet: Donnerstag kommt von Donar und Freitag von Freya. Hingegen leben die ursprünglichen römischen Namen in den italienischen Wochentagsnamen weiter, mit Ausnahme von „sabato", der offenbar aus dem jüdischen Sabbat entstanden ist, und „domenica", dem Tag des Herrn (des Christengottes).

Abkürzung	deutsch	italienisch	Gestirn	Zeichen	Reihenfolge
So	Sonntag	domenica	Sonne	☉	4
Mo	Montag	lunedi	Mond	☾	7
Di	Dienstag	martedi	Mars	♂	3
Mi	Mittwoch	mercoledi	Merkur	☿	6
Do	Donnerstag	giovedi	Jupiter	♃	2
Fr	Freitag	venerdi	Venus	♀	5
Sa	Samstag	sabato	Saturn	♄	1

Tabelle 1 : Deutsche und italienische Wochentagsnamen, Planetengötter, ihre Zeichen sowie die Reihenfolge der Gestirne im geozentrischen System nach ihrer Umlaufzeit geordnet.

Der Tabelle entnehmen wir, dass die Reihenfolge der Wochentage nicht derjenigen der Gestirne im geozentrischen System entspricht. Dennoch ist eine Gesetzmässigkeit in der Abfolge erkennbar. Sie wird durch das im Uhrzei¬gersinn zu durchlaufende Heptagramm (Siebenstern) visualisiert: Auf Saturn (Saturday) folgen Sonne (Sonntag), Mond (Montag), Mars (Martedi), Merkur (Mercoledi), Jupiter (Giovedi) und Venus (Venerdi). Die Planetengötter treten auch als sog. Jahresregenten und in der Astrologie als Stundenregenten auf. Letzteres bedeutet, dass jede Stunde der Woche der Reihe nach einem Planetengott zugeordnet ist:
Der ersten Stunde des Samstags (6–7 Uhr) wird Saturn zugeordnet, der zweiten Jupiter, der dritten Mars, der vierten die Sonne, der fünften Venus, der sechsten Merkur und der siebten schliesslich der Mond. Nun wiederholt sich das Ganze 24 mal, bis man wieder am Samstag um 6 Uhr angelangt ist. Auf diese Weise wird der ersten Stunde des Tages stets der Gott des betreffenden Wochentages zugeordnet.



Heptagramm der Planetengötter, im Uhrzeigersinn zu durchlaufen.

Die heute noch verwendeten lateinischen Monatsnamen gehen auf den römischen Kalender zurück. Der September war damals der siebte (septem) Monat und der Dezember der zehnte (decem) Monat des Jahres, denn das Jahr begann am 1. März. Wie schon erwähnt, wurde bei der julianischen Reform der Jahresbeginn neu auf den 1. Januar festgelegt. Die alten Monatsnamen wurden jedoch beibehalten mit Ausnahme des Quintilis: Der ehemals fünfte Monat wurde zu Ehren von Julius Caesar in Julius umbenannt. Nach der Vollendung der Reform durch den ersten römischen Kaiser Augustus (C. Octavius) im Jahr 8 n.Chr. verschwand auch der Name Sextilis des ehemals sechsten Monats; dieser wurde in Augustus umbenannt und – auf Kosten des Februars – um einen Tag verlängert.

Die Einteilung des Jahres in zwölf Monate entspricht der Einteilung des der Ekliptik in zwölf „Häuser“ zu je 30°. Diese zwölf Häuser entsprechen den antiken Tierkreiszeichen, die heute noch in der Astrologie verwendet werden. Zu Beginn der christlichen Zeitrechnung stimmten die Zeichen mit den entsprechenden Sternbildern überein. Wegen der Präzession der Erdachse sind Tierkreiszeichen und Sternbilder heute um eine Einheit verschoben: Gilt das Tierkreiszeichen der Fische, so befindet sich die Sonne im Sternbild des Wassermanns. Seit Beginn unserer Zeitrechnung ist eben nahezu ein platonischer Monat vergangen.

carte blanche

Idee dieser Schriftenreihe ist, persönliche Vorlieben von Mitarbeitern der Bauschule einem engeren und weiteren Publikum bekannt zu machen. Die Verantwortlichen publizieren im Rahmen einer vorgegebenen Struktur ihre Beiträge. 12 Exemplare werden als Farbkopien ausgedruckt, zwei gehen in die Bibliothek, die übrigen werden signiert und verteilt. Die Dokumentation wird dann als pdf-Datei auf dem Server öffentlich zugänglich gemacht. c.b. erscheint 4-mal im Jahr.

c.b. 1:	Interieurs – Skizzen von Stephan Mäder, Januar 2007
c.b. 2:	... da und dort – Fotos von Stephan Mäder, Juli 2007
c.b. 3:	Aquarium, Einbau in der Halle 180, Oktober 2007
c.b. 4:	Exterieurs – Skizzen von Stephan Mäder, Dezember 2007
c.b. 5:	Master of Arts ZFH in Architektur, Januar 2008
c.b. 6:	Druckgraphiken – Abzüge in Ätzverfahren von Stephan Mäder, April 2008
c.b. 7:	Neues aus Berlin – Studentenarbeiten und Bilder aus dem Jahr 2007, Juni 2008
c.b. 8:	Halle 180 – Architekturschule in einer Industriehalle, Oktober 2008
c.b. 9:	alte Sachen – Stephan Mäder, März 2009
c.b. 10:	entsorgte Modelle – Mäder + Mächler, Juli 2009
c.b. 11:	Vorträge „Blauer Montag – Hubert Mäder
c.b. 12:	aus einem Weissbuch – Stephan Mäder, November 2009
c.b. 13:	Libro Nero – Meine Skizzen zu Vorlesungen im Entwurfsunterricht – Peter Quarella, Januar 2010
c.b. 14:	BCN–Alongside Pere IV – 54 Students–4 Teachers–16 Weeks–Summer 2009, Februar 2010
c.b. 15:	Extra muros, Bilder von Studienreisen – Stephan Mäder, Juni 2010
c.b. 16:	Köln–Nordrhein-Westfalen, Dozentenreise 2010 – Toni Winiger, September 2010
c.b. 17:	Chioggia–Isola dei Cantieri, Das Wesen des Wohnens, Januar 2011
c.b. 18:	Kvarner Bucht, Kroatien – Stephan Mäder, März 2011
c.b. 19:	Transformation – Paul Bürki, November 2011
c.b. 20:	Sofia, Bulgarien – Peter Jenni, Dezember 2011
c.b. 21:	Japan, Studienreise der HSZ–T – Rudolf Moser, März 2012
c.b. 22:	13’ manthan [west] – Beat Consoni, Juli 2012
c.b. 23:	Lange Häuser, 25 lange und ein hohes – Stephan Mäder, Oktober 2012
c.b. 24 a/b:	Konstruiert? / Mathematik verbindet, Doppelnummer – Karl Weber / Martin Huber, Dezember 2012

c.b.24 | huma

Impressum

Herausgeber:	ZHAW Departement Architektur, Gestaltung und Bauingenieurwesen
Redaktion:	Text, Pläne und Fotos Martin Huber, Studierende ZHAW
Grafische Aufarbeitung:	Toni Winiger
Druck:	CLC, Auflage: 12 Exemplare
Publikation:	pdf-Datei auf server: www.archbau.zhaw.ch
Ausgabe:	Nr. 24 b - Dezember 2012