

Fortsetzung von der vorigen Seite

Wie standfest ist die Kuppel?

Der Bau ist wegen der beiden Halbkuppeln im Osten und Westen in dieser Richtung deutlich stabiler als in der ungestützten Nord-Süd-Richtung. Hier hat man erst im Laufe der Jahre nachgebessert und an diesen beiden Seiten Strebepfeiler angebaut. Die von Illich seit vier Jahren unternommenen Messungen sind Teil eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzierten Projekts. Die Arbeiten laufen unter der Federführung der Universität Karlsruhe und des ebenfalls dort ansässigen Büros für Baukonstruktion BfB unter der Leitung von Professor Fritz Wenzel. Sie haben zwei Ziele: Außer dem Erkunden des Baugefüges mit zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden sollen auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse der tatsächliche Lastverlauf, die real existierenden Spannungszustände, das Stabilitätsverhalten und die Standsicherheit des Gebäudes ermittelt (errechnet) werden. Laut Wenzel wird man mit diesen Daten nicht nur deutlich besser als bisher beurteilen können, ob und, wenn ja, in welchem Maß der Bau erdbebengefährdet ist. Man wird auch die Frage beantworten können, warum der Bau (trotz zahlreicher Erdbeben) sechseinhalb Jahrhunderte ohne nennenswerte statisch-konstruktive Schäden überstanden hat.

Daß man das Mauergefüge der Kuppel in den vergangenen Jahren so gründlich untersuchen konnte, ist ein „Abfallprodukt“ der Restaurierungsarbeiten an den Kuppelmosaiken. Dazu wurde ein vielstöckiges Gerüst gestellt, das jeweils ein Viertel der Kuppel erreichte. Waren die Arbeiten abgeschlossen, wurde das Gerüst verrückt. Im gleichen Tempo hat sich Illich mit seinen Geräten vorgearbeitet und elektromagnetische Wellen in das Mauerwerk geschickt. Diese wurden in Abhängigkeit von den elektrischen Eigenschaften der Materialien an den Übergängen etwa von Ziegeln und Mörtel reflektiert oder transmittiert. Je nach Amplitude und Laufzeit der reflektierten Wellen bildeten sich sogenannte Radiogramme, was, wie Illich erklärt, tiefenschnittähnliche Darstellungen sind, die sich nur mit viel Erfahrung interpretieren lassen. So haben die Messungen an der Kuppel der Hagia Sophia gezeigt, daß die Segmente aus den drei Bauphasen unterschiedlich dick sind. Besonders „solide“ hat man im 10. Jahrhundert gearbeitet. Dieser Kuppelabschnitt ist mit einer Dicke von bis zu 95 Zentimeter rund 20 Zentimeter stärker als der aus dem 6. Jahrhundert. Doch für die anstehenden Stabilitätsberechnungen mindestens so wichtig sind die Bilder der Bruchkanten. Die konnte man bisher wegen ihrer augenfälligen Inhomogenität nur sehr generell als ernstzunehmende „Störzonen“ bewerten: Die Baumeister scheinen bei den Reparaturarbeiten große Schwierigkeiten gehabt zu haben, mit dem neu errichteten Kuppelteil die Bogenkrümmung der stehengebliebenen Segmente zu treffen. Wulstartige Verdickungen, die man aus geringer Entfernung mit dem bloßen Auge erkennen kann, machen das mehr als deutlich.

Da für eine Stabilitätsbewertung der Hagia Sophia außer der Kuppel auch der Aufbau und der Zustand der vier Hauptpfeiler wesentlich sind, werden sie von Illich und Wenzel ebenfalls untersucht. Daß sie unter ihrer Last ächzen und stöhnen, machen die im Sockelbereich abplatzenden vorgehängten Marmorverkleidungen deutlich. Trotz der entstandenen Luftspalte zwischen Deko und Mauerwerk ist es – in diesem Fall mit mikroseismischen Verfahren – gelungen, das Geheimnis der Pfeiler weitgehend zu entschlüsseln. Sie sind keineswegs mehrschalig, wie mitunter vermutet wurde, sondern solide durchgemauert und weisen, wie Illich interpretiert, ein gleichmäßiges Festigkeitsniveau auf. Daß der besonders gründlich untersuchte nordwestliche Pfeiler auf den ersten Metern (stabilitätsmindernde) Feuchtschäden aufweist, haben die Messungen ebenfalls gezeigt. Doch weiß man über deren Ursache wenig. Wie die Hagia Sophia gegründet ist und ob es sich bei der den Pfeiler hinaufkriechenden Feuchtigkeit um Grundwasser handelt, werden weitere Untersuchungen zeigen.



Himmelwärts: So einfach es aussieht, so überwältigende Blicke zeigt das Newton-Spiegelteleskop von Astromedia

Foto Schiffhauer

Mit der Guckpappe bis zu den Ringen des Saturn

Ein preisgünstiges Newton-Spiegelteleskop aus Karton zum Selbstbau macht Lust auf mehr

Klaus Hünig beherrscht die selten gewordene Kunst, mit einem Minimum an materiellem Aufwand Freude und Wissen zu Spielkälbern jeglichen Alters zu tragen. In Würzburg entwickelt der ehemalige Waldorflehrer funktionsfähige Kartonmodelle – von der Okarina über die Kompaß-Sonnenuhr bis zum Sextanten. Das Newton-Spiegelteleskop gehört zu seinen aufwendigeren Bausätzen, bietet jedoch für rund 20 Euro bis zu dreißigfache Vergrößerung.

Die Grundidee dazu stammt von Sir Isaac Newton. Der entdeckte die Ursache der sogenannten chromatischen Aberration, durch die Bilder von Linsenfernrohren mit regenbogenfarbenen Trugsäumen versehen wurden: Verschiedene Farben legen unterschiedlich lange Wege im Glas zurück; weißes Licht fächert sich in die Spektralfarben auf. Newton hielt diesen Effekt für unkorrigierbar, was er nicht ist, entdeckte aber auch, daß bei Spiegelbildern diese Farbsäume nicht auftreten. Also entwickelte er um 1668 ein Fernrohr, bei dem ein Hohlspiegel das Licht sammelt und zu einem um 45 Grad versetzten Planspiegel wirft. Mit einer kleinen Linse – dem Okular – kann dieses reelle Bild vergrößert betrachtet werden. Da die Farbsäume vor allem am Rand der Linsen stören, beschränkte Newton das Okular durch Abblenden aufs Zentrum. Daß die

Bilder wegen des im Weg stehenden Umlenkspiegels ein wenig dunkler sind, ist angesichts der sonstigen Vorteile hinzunehmen. Newtons erste Spiegelteleskope zeigten eine Brennweite von 300 Millimeter und vergrößerten etwa dreißigfach. Galilei hatte mit Linsenteleskopen, Refraktoren im Gegensatz zu Newtons Reflektoren, schon bei zwanzigfacher Vergrößerung Jupitermonde entdeckt. Sie soll auch unser Pappteleskop sichtbar machen.

Zuvor aber sind ein vorgestanzter Kartonbogen mit 60-Millimeter-Hohlspiegel – den Fernrohrspezialist Baader beisteuert – und Acryllinsen für die beiden Okulare in eine Guckröhre zu verwandeln. Der sphärische Spiegel wird an einem Ende der sechseckigen Papphülse untergebracht. Als Ausschnitt aus einer einfachen Kugelform weist er zwar gegenüber der idealen parabolischen Form – hier treffen sich alle Lichtstrahlen wirklich in einem Punkt – zum Rand hin kleinere Abbildungsfehler auf, ist aber eine sehr preisgünstige und mehr als zufriedenstellende Lösung. Die Anleitung führt in 68 Schritten vom Kartonbogen zum Teleskop.

Von sorgfältiger Feinjustierung des Spiegels hängt die Abbildungsqualität ab. Entscheidender Faktor ist nicht die Vergrößerung, sondern der Durchmesser des Spiegels. Die 60 Millimeter erhöhen die Lichtempfindlichkeit des Auges um etwa

den Faktor 70. Sieht das bloße Auge am ländlichen Nachthimmel rund 8000 Zwernecke, so werden es durch unser Teleskop betrachtet, mehr als eine Million. Beide Okulare mit 15 und 28 Millimeter Brennweite werden nach bewährten Konzepten, die Farbfehler gut korrigieren, aus geschickt berechneten Billiglinsen aufgebaut. Sie bieten eine sechzehn- und dreißigfache Vergrößerung. Die schwächere Vergrößerung macht mit Instrument und Objekten am ehesten vertraut. Dazu findet das Teleskop Platz in einer ebenfalls aus Pappe gefertigten Dobson-Montierung, in der es sich nicht nur einigermassen präzise schwenken läßt, sondern dank aufgeklebter Skala sogar Auskunft über den Erhebungswinkel gibt, die Elevation. Dem Anfänger fällt es schon bei nur sechzehnmaliger Vergrößerung nicht leicht, auch nur den Mond spontan anzupeilen. Deshalb leistet das Visier gute Dienste. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Bild auf dem Kopf steht.

Geradezu erregend der Moment, in dem sich durch diese preisgünstige Guckpappe die ersten Jupitermonde zeigen und gar eine Andeutung von Ring beim Saturn. Das ist so viel, daß es Schaulust auf mehr macht. NILS SCHIFFHAUER

■ **Bezugsquellenhinweis:** Internet www.astromedia.de, Telefon 02 01/6 34 97 60

Ade, Arial, jetzt kommt Segoe

Die meistgenutzte Schrift der Welt wird wegen einer anderen Kopie in Pension geschickt

Die in aller Welt meistgenutzte Schrift, Arial, wird von Microsoft aufs Altenteil geschickt. Sie gehört zu den modern-klassen Schriften ohne Zierzacken, ist also fachsprachlich eine serifenlose „Grotesk“. Deren berühmteste, die Helvetica, entstammt der „Neuen Haas grotesk“ des Zürichers Max Miedinger von 1957. Der allgemeine Umschwung von den Times-Schriften mit Serifen zur Helvetica kam 1989 mit der Arial, einem Helvetica-Plagiat von Robin Nicholas und Patricia Saunders für Monotype, sprich Microsoft. 1992 wurde die Arial mit Windows 3.1 ausgeliefert. Inzwischen ist sie – durch das Internet, wo Seiten dem Leser ihre Schrift aufzwingen – die meistgebrauchte Schrift der

Welt. Kritisiert wird an Arial eine gewisse Grobschlächtigkeit, unausgewogene Breiten von Buchstaben und Abständen sowie ein häßlicher Grauwert (der Helligkeitseindruck eines Schriftblocks), was alles die Lesbarkeit beeinflusst. Auch läßt sie sich nicht gut vergrößern. Jedenfalls hat Microsoft nach dem Schnitt des Euro-Zeichens 1998 an Arial nichts mehr getan. Im Explorer wurde auf Verdana umgestellt, die Mathew Carter 1996 für Microsoft gezeichnet hat. Nach Arial und „Book Antiqua“ kupferte Monotype zum dritten Mal ab, diesmal von Adrian Frutigers gleichnamiger Groteskschrift aus dem Jahr 1975. Typographen lieben die Frutiger, die natürlich für Windows erhältlich ist – gegen

Lizenzgebühr. Verdana-Designer Steve Matteson von Monotype zeichnete 1998 für Microsoft davon die „Segoe“ ab. Segoe Road ist die Straße, in der ein Kollege wohnte, benannt nach dem ungarischen Stadtplaner Ladislav Segoe, meist „Sego“ ausgesprochen. Die Unterschiede zur Original-Frutiger sind minimal. Solch lockeren Umgang mit Originärem hätte man Microsoft nicht ein drittes Mal zugetraut, gerade im Zeitalter eines immer enger gefaßten digitalen Rechtemanagements. Segoe mit dem Zusatz UI, User Interface, wird zur Standardschrift des kommenden Microsoft-Betriebssystems. Und sie ist, endlich einmal, eine wirklich schöne, moderne Schrift. FRITZ JÖRN

Rundumsicht mit individueller Glasstärke

Stark gebogene Sportbrillen für Fehlsichtige: Über die gesamte Krümmung hinweg korrigierte Kunststoffgläser machen es möglich

Moderne Sportbrillen haben stark gebogene Gläser, denn sie wollen buchstäblich umfassenden Schutz bieten. Sie sind so geformt, daß sie sich ein Stück um das Auge herum nach hinten ziehen, somit lassen sie auch seitlich weniger Zugluft und – mit Tönung – Licht ans Auge kommen. Diese Krümmung erschwert aber die Korrektur der Brille bei Fehlsichtigkeit. Denn wenn man ein optisches Glas für eine gerade Fassung biegt, schleichen sich Fehler in das wahrgenommene Bild, die für Kopfschmerzen sorgen oder irritieren können. Kurzsichtige können beispielsweise den Abstand zum Boden nicht mehr einwandfrei einschätzen – man tritt ins Leere, oder der Fuß trifft früher auf den Boden als erwartet. Ein einfacher Ausweg sind relativ kleine, entsprechend der Sehstärke korrigierte Linsen, die hinter der ebenen Partie des Sportbrillenglases befestigt sind. Das Sichtfeld bleibt aber begrenzt auf die Linsenfläche, was zu einer Art Tunnelblick führen kann.

Aufwendiger sind Kunststoffgläser, die über die gesamte Krümmung korrigiert sind: Damit kann der Fehlsichtige den vollen Rundumblick genießen. Außerlich sieht man es der Brille nicht an; weil die Gläser fest mit der Fassung verbunden



Gekonnt eingepaßt: Stark gebogene Gläser mit individueller Korrektur

Foto Abele

werden, ist das Auswechseln gegen andere Tönungen, wie es einige Sportbrillen bieten, freilich nicht mehr möglich.

So muß man sich für eine Art entscheiden, doch da kann der Fehlsichtige endlich einmal in großer Vielfalt schwelgen: Das deutsche Unternehmen Rupp + Hubrach etwa bietet unter dem Namen „Sports“ gewölbte Gläser mit verschiede-

nen Tönungen und Oberflächenbehandlungen an, so daß der Sportler das für seine Fehlsichtigkeit und seine Aktivität passende Glas finden kann. Angesichts der Vielfalt empfiehlt sich zur Beratung ein Optiker: „Bei Sonnenbrillen ist eine Entspiegelung auf der Innenseite sinnvoll, damit man nicht sein eigenes Spiegelbild sieht“, erklärt Andrea Finkel, Mitinhaberin bei Optik Akustik Wiemann in Stuttgart-Zuffenhausen.

Damit das speziell berechnete Glas hergestellt werden kann, braucht der Hersteller zusätzlich zu den Angaben über die Glasstärke Informationen über die Brille, um die Krümmung zu berücksichtigen. Rupp + Hubrach gibt den Optikern dazu ein Meßinstrument an die Hand, damit sie den Winkel zwischen Scheibe und Sehachse messen können. Es wird auf der Brille befestigt, die der Sportler wiederum für einen kurzen Moment auf die Nase bekommt; auf diese Weise geht das Aufbiegen der Brille beim Tragen, das eine Änderung des Scheibwinkels verursacht, ebenfalls in die Winkelbestimmung ein.

Dieser Aufwand spiegelt sich im Preis. Ein Paar weiße Gläser, die gegen Wind schützen, aus der Serie Sports von Rupp + Hubrach kosten 163 Euro. Wenn sie getönt sind – uni oder verlaufend – oder kontraststeigernd, werden 181 Euro fällig. Auch höherbrechendes Material ist erhältlich, damit bei stärkerer Fehlsichtigkeit das Glas nicht zu dick wird. Da passiert es schnell, daß die Gläser teurer sind als die Fassung – doch erstens ist das für den Fehlsichtigen meist nichts Neues, und zweitens erkauft er sich damit einen wunderbaren Panoramablick. RÜDIGER ABELE

Wo?

Grad-Wanderung

Manchmal sieht man sie zu zweit im Unterholz verschwinden. Oder sie umschleichen, höchst verdächtig, einen Bauernhof. Auf offenem Feld bleiben sie stehen, kehren um, verharren, als seien sie unschlüssig, wie sie das Ding drehen sollen. Der eine starrt auf einen kleinen Apparat in seiner Hand. Plötzlich steht er wie angewurzelt: „Hier!“ In dieser Pose läßt er sich fotografieren. Es ist der Höhepunkt eines merkwürdigen Rituals. Zehntausende solcher Bilder von geringem fotografischem Reiz sind im Internet zu sehen. Ihre Botschaft heißt: „Ich war auf dem Punkt.“ Auf welchem Punkt?

Das sind nicht Schatzsucher oder Wünschelrutengänger unterwegs, da frönen junge Leute einem Hobby, das gestern noch unbekannt und undenkbar war. Sie suchen magische Orte. Magisch mag übertrieben sein. Es sind die Schnittpunkte von Längen- und Breitenkreisen. Zu gewinnen gibt es nichts. Die Nutzlosigkeit des Tuns – ebendie macht das Vergnügen aus. Der Apparat, man ahnt es schon, ist ein GPS-Empfänger. Die handygroße Bodenstation des Global Positioning System zeigt fast auf den Meter genau jeden Punkt im Koordinatensystem der Erde an. Eine Revolution in der Hosentasche. Millionen Menschen nutzen auf ihren Lebenswegen schon ganz selbstverständlich die Satellitennavigation, die Amerika für sein Militär entwickelt und dann der übrigen Welt und dem Gerätebauer Garmin geschenkt hat.

GPS ist die Voraussetzung des geographischen Spiels. Daß der 50. Grad nördlicher Breite den 8. Grad östlicher Länge in einem Vorgarten des Winterortes Winkel im Rheingau schneidet, ahnte dessen Besitzer nicht, bis Jan und Renate Liska klingelten: „Dürfen wir mal reinkommen?“ Und dann liefen sie mit ihrem kleinen Empfänger herum und riefen: „Hier!“ Das Display zeigte exakt N50°00'00" und E08°00'00", keine Bogenminute weniger, keine Bogensekunde mehr.

Jan und Renate gehören der neuen Zunft von Entdeckern an, die nicht in die Arktis und nicht ins innerste Afrika vorstoßen wollen, sondern nur Fixpunkte ihrer Freizeit suchen. Das Hobby ist global wie keines zuvor. Auf die Schnapsidee, mit GPS-Empfängern ins Feld zu ziehen, kam der Amerikaner Alex Jarrett. Seine Idee ist zehn Jahre alt. Er nannte sie „Degree Confluence Project“ und rief die ewig suchende Menschheit auf, auszuschwärmen und die Schnittpunkte von Längen- und Breitenkreisen zu markieren. Davon gibt es 64 442 nach seiner Rechnung. Wie jedermann noch aus der Schule weiß, hat unsere Erde ein gedachtes Koordinatennetz: 360 Längengrade, die alle durch die Pole gehen, und 180 Breitenkreise, die parallel zum Äquator verlaufen und nach Norden und Süden hin immer kleiner werden. Jarrett erließ Spielregeln. Nicht nur der Ort, auch die Umgebung, der Wald, die nahe Straße werden fotografiert. Schnittpunkte auf

See fallen ins Wasser. Bleiben für das GPS-Spiel noch reichlich 16 000 Ziele.

Papier sei geduldig, sagen die Leute, wenn sie mißtrauisch lesen, was in Zeitungen oder Liebesbriefen steht. Noch geduldiger als Papier ist der Bildschirm, das Fenster zur schönen neuen Welt des Internets. Da dürfen alle alles mitteilen. Schnittpunktjäger haben schon mehr als 50 000 Fotos aus 168 Ländern zusammengeknipst, oft mit rührenden Erfolgsberichten: „Lieben wir unser Expeditionsfahrzeug auf dem Parkplatz zurück. Die Punktuche gestaltete sich schwierig, da das GPS-Signal durch die Bäume abgeschwächt wurde...“ Annähernd 12 000 Punkte warten noch auf Besuch. Der menschliche Sammeltrieb macht das wertloseste Zeug zum Schatz, wie die artifizielle Anhäufung von Bierdeckeln und Zündholzschachteln zeigt. Ein Mann namens Targ Parsons, so wird gemeldet, schaff-



Der Ort und der Beweis: 50° Nord... .



8° Ost, 14. Oktober 2001 Fotos Jan Liska

te in einem einzigen Monat 24 Schnittpunkte in China. Ganz in Guinness-Book-Manier führen 470 Schüler und Schülerinnen aus Tuttingen los, um sich genau dort aufzustellen, wo der 48. Grad nördlicher Breite den 9. Grad östlicher Länge trifft. Aus Deutschland werden 33 Schnittpunkte gemeldet, drei aus Hessen, sechs aus Bayern, zwei aus Sachsen-Anhalt.

Die Suchenden finden am Ziel ihrer Wünsche oft gar nichts vor – halt irgend- ein unscheinbares Fleckchen Erde. Nur selten eine Hinweistafel: „Hier schneidet der 52. Kreis nördlicher Breite...“ In den meisten Fällen ist es nicht der rechte Fleck. Die Ortsbestimmung stammt aus der Zeit der Landvermesser. Heute gilt das World Geodetic System WGS84. Es stützt sich auf Satellitendaten und berücksichtigt die gequetschte Form der Erde, die mehr einem Apfel als einer Kugel gleicht. Nichts liegt da, wo es die alten Landvermesser hingelegt haben. Es gibt viel zu tun, peilen wir's an. dv.

■ **Treffpunkt** für alle, die mit GPS-Empfängern auf die Suche nach Schnittpunkten von Längen- und Breitenkreisen gehen, ist die Internet-Adresse www.confluence.org.



Einfach gerade durchziehen: So wird der Grobschliff verfeinert

Foto Pardey

Vulkanus ist anders als andere

Wieder ein Messerschärfer – aber einer, der tut, was er verspricht

Alles, was stumpfe Klingen schnell und kinderleicht zu schärfen verspricht, ist dem Messerfreund verdächtig. Nicht, daß Schärfer keine Hexerei wäre, aber es setzt nun einmal, egal mit welchen Mitteln oder Maschinen, gewisse Kenntnisse und Handfertigkeiten voraus. Was aus den meisten Messerschärfen der Kategorie „Kinderleicht“ herauskommt, ist leider meistens weniger scharf als gewünscht, dafür aber an den Seiten der Klinge oftmals verkratzt. Und teuer sind die Schärfen noch dazu. Der Vulkanus von Harald Stallegger aus Salzburg kostet in der ausprobierten, angenehm schweren und daher auch schön standfesten Edelstahlversion ebenfalls immerhin 89 Euro; es gibt jedoch für 45 Euro eine prinzipiell gleiche Version aus Kunststoff. Aus Kunststoff sind auch die federnd über Kreuz gelagerten Stäbe, die der Klinge beidseitig beim

Durchziehen zwei Hartmetall-Kantprofile entgegenhalten. Der Pfiff bei der Sache: Je nachdem, ob man das Messer mit der Spitze nach unten auf voller Länge durchzieht oder aber mit der Spitze nach oben bis waagrecht, ist das Ergebnis verschieden. Die erste Schleifstufe wirkt mit den Hartmetall-Kanten grob, der Materialabtrag ist beträchtlich, es sammeln sich Späne auf dem Fuß des Vulkanus. Messerspitze waagrecht oder nach oben wirkt mit den Flanken des Hartmetalls entgegen; so wird nicht geschliffen, sondern abgezogen. Die erzielte Schärfe überzeugt; vier-, fünfmal muß man stumpfe Klingen durchziehen. Beschreibt die ziehende Hand seitlich leichte Bögen, ist auch das Schärfen von Wellenschärfen möglich. Anders als andere Messerschärfer hat Vulkanus das Zeug, zum Freund des Messerfreunds zu werden. HANS-HEINRICH PARDEY