Eine mittelalterliche Kratzsonnenuhr

an der Westwand der St. Aegidius-Kirche zu Berne in Niedersachsen

Ein wenig befremdlich mag es für einen aufmerksamen christkatholische Besucher der nunmehr lutherischen St. Aegidiuskirche in Berne schon anmuten, wenn er an den Außenflügeln des prächtigen, durch den Hamburger Holzschnitzer Ludwig Münstermann geschaffenen Hochaltars aus dem Jahr 1637 Portraits von Martin Luther und Philipp Schwartzerdt alias Melanchthon entdeckt, wie diese beiden zur Ehre der Altäre erhoben quasi auf Augenhöhe mit den sehr lebendig dargestellten vier Evangelisten auf den Betrachter herabblicken. Doch: Gemach, gemach! Ehe die Stirn gerunzelt wird, sollte sich der Besucher schon ein wenig mit der wechselvollen Geschichte dieses Domes auf dem flachen Lande vertraut machen!

Geweiht wurde die Kirche dem heiligen Aegidius, einem der Vierzehn Nothelfer. Heutzutage schützen sich die Leute mit allerlei kostspieligen mehr oder weniger sinnvollen Versicherungen gegen die Widrigkeiten des Lebens. Früher vertraute man ausschließlich auf die Fürbitte der Nothelfer, die man anrief, wenn Not am Mann war. St. Aegidius, ein Grieche aus Athen, der im 7. Jahrhundert nach Frankreich auswanderte um zunächst in der Gegend von Nîmes als Einsiedler zu leben und dessen Gebeine nunmehr in Toulouse ruhen, war und ist immer noch zuständig als Beschützer vor Feuersbrünsten und Naturkatastrophen, Pest und Aussatz. Er ist der Patron der Hirten, des Viehs und auch der stillenden Mütter.

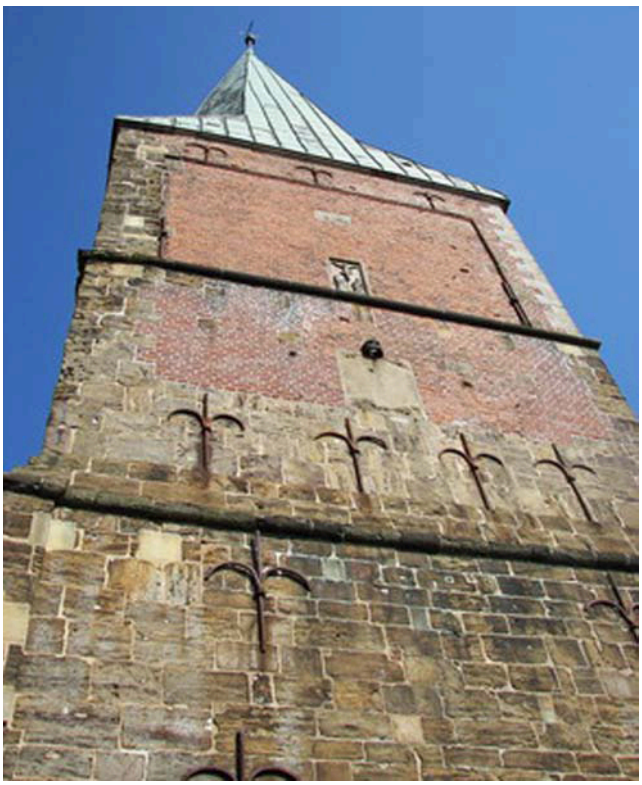
Abb. 1: © Ulf Neundorfer

Ich war am 12. April 2007 im Bremischen Umland auf einer kleinen Sonnenuhrenpirsch und strebte eigentlich zu einer Kirche in Elsfleth, als ich durch Berne kam und linker Hand vom Auto aus unvermutet die stattliche Kirche St. Aegidius erblickte. Na, es kann wohl nicht schaden, wenn ich mir hier mal die Südwand der Kirche anschaue, dachte ich bei mir, hängte mir nur die Kamera um den Hals und ließ mein sonstiges „Werkzeug“ im Auto liegen. Aber ich kam gar nicht bis zur Südwand!

Abb. 2: St. Aegidius im April 2007

Abb. 3: Die Vierzehn Nothelfer mit ihren Attributen. Ägidius von St. Gilles unten links mit Hirschkuh

Als ich den mächtigen Turm der Kirche aus dem frühen 12. Jahrhundert umrundet hatte, sah ich innerhalb von Sekunden, quasi im Vorübergehen, eine wunderschöne in dieser Gegend höchst seltene mittelalterliche Kratzsonnenuhr! Mein Herz frohlockte! Was für ein Fund!



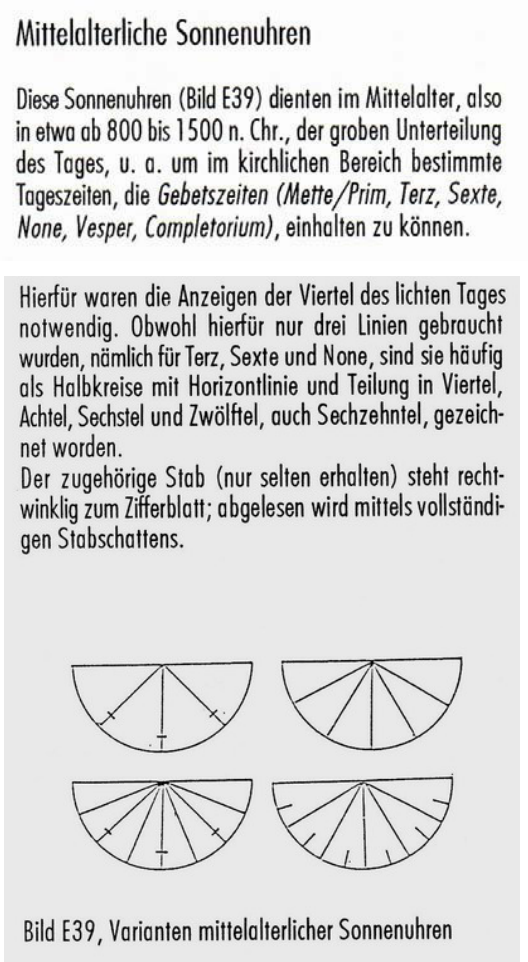
Ich sprach auch gleich eine Frau an, die mit der Gießkanne zu einem Grab strebte, ob es eine Veröffentlichung über diese Sonnenuhr gäbe. Nein, sie habe nie davon gehört, aber ich solle rüber in die Pastorei gehen und dort den Pastor befragen. Der kam gerade mit einer Schar aufgekratzter Konfirmanden um die Ecke gebogen, um in der Kirche eine letzte Stellprobe für den großen Konfirmationstag einzuüben. Von einer mittelalterlichen Sonnenuhr wisse er nichts, antwortete er leicht belustigt und widmete sich dann wieder seinen jungen Schäfchen.

Abb. 5: Die Westwand der Kirche St. Aegidius

Vertikale mittelalterliche Kratzsonnenuhren, auch kanonische Sonnenuhren genannt, werden bei vielen deutschen Sonnenuhrenleuten nicht so sonderlich beachtet und geachtet und Gnomnonisten, die sich genauer mit ihnen befassen, werden – wie mir **Herbert Rau** vor Jahren einmal verriet – von den andern oft belächelt, die sich mehr um die „richtigen“ Sonnenuhren kümmern.

Abb. 6: Detailaufnahme der Kratzsonnenuhr

Dieses Mauerblümchendasein der kanonischen Sonnenuhren spiegelt sich auch recht aufschlussreich in der sehr sparsamen Abhandlung, die man im dicken Sonnenuhrenkatalog für Deutschland und der Schweiz diesen frühen und historisch sehr bedeutsamen europäischen Sonnenuhrenformen widmet. Ich plädiere hier nachdrücklich für weitaus umfangreichere und inspirierendere Erklärungen im neuen Katalog!



Mittelalterliche Sonnenuhren

Diese Sonnenuhren (Bild E39) dienten im Mittelalter, also in etwa ab 800 bis 1500 n. Chr., der groben Unterteilung des Tages, u. a. um im kirchlichen Bereich bestimmte Tageszeiten, die *Gebetszeiten (Mette/Prim, Terz, Sexte, None, Vesper, Completorium)*, einhalten zu können.

Hierfür waren die Anzeigen der Viertel des lichten Tages notwendig. Obwohl hierfür nur drei Linien gebraucht wurden, nämlich für Terz, Sexte und None, sind sie häufig als Halbkreise mit Horizontlinie und Teilung in Viertel, Achtel, Sechstel und Zwölftel, auch Sechzehntel, gezeichnet worden.
Der zugehörige Stab (nur selten erhalten) steht rechtwinklig zum Zifferblatt; abgelesen wird mittels vollständigen Stabschattens.

Bild E39, Varianten mittelalterlicher Sonnenuhren

Abb. 7 und Abb. 8: DGC- Katalog, Einleitung-Einstieg Seite 10 und 11

Herbert Rau, der auch international sehr angesehene Gnomonist aus Berlin, hat sich um die Erfor-

schung dieser Sonnenuhren große Verdienste erworben. Er hat im Jahre 2004 eine **„Erste grobe Teil-Analyse der Liste aller in der Datenbank von Willy Bachmann (Juni 2003) erfaßten mittelalterlichen Sonnenuhren für Deutschland“** aufgestellt und kommentiert. Von ihm stammt auch die nachfolgende Statistik, die ich mit seiner freundlichen Genehmigung zitieren darf:

Verteilung der 334 mittelalterlichen Sonnenuhren in Deutschland auf seine Bundesländer:

BE	BR	BW	BY	FS	HB	HE	HH
0	6	27	27	0	0	44	0

MV	NI	NRW	RP	SA	SH	SL	TH
102	29	17	13	41	2	2	24

Am Ende schrieb er: „Die ganze Liste muß mittels Augenscheinnahme überprüft werden.“ Dem kann ich mich nur anschließen. Für Bayern habe ich 2006 eine mittelalterliche Sonnenuhr am Regensburger Dom nachgemeldet, aus Niedersachsen habe ich nun Berne gemeldet, dafür aber bei einer 300 km- Kratzsonnenuhren-Blitzrecherche bei drei Kirchen im Umkreis weniger mittelalterlichen Sonnenuhren gefunden, als im DGC-Archiv vermerkt sind.

Abb. 9: Detail der Westwand der Kirche

Mittelalterliche Kratzsonnenuhren finden sich keineswegs nur an den Südwänden der Kirchen, sondern können quasi an jeder Wand auftauchen – auch verkehrt herum als „upside-down-sundials“, wie sie die Engländer bezeichnen. Das rührt daher, dass Kirchen dieses hohen Alters öfter auch erweitert und sonstwie umgebaut wurden. Weil die Beschaffung des Baumaterials eine ungemein schweißtreibende und entsetzlich mühsame Arbeit war und außerdem viel Geld verschlang, hat man bei solchen Umbauten möglichst alle brauchbaren Steine des abgebrochenen Vorgängerbaus wiederverwertet und Maurer, die mit diesen „obskuren“ Kratzern nichts anzufangen wussten, haben die Steine eben oft auch kopfüber in die neue Mauer eingefügt.

„Der Tag und die Nacht wurden im Mittelalter in je vier Hauptabschnitte eingeteilt. Jeder Abschnitt umfasste drei Stunden. Also ergab sich eine 2 mal 12-Einteilung. Sehr schön kann das oft in der Bibel betrachtet werden. Im neuen Testament kommen am häufigsten jene 4 Abschnitte des Tages vor. Gerade in der Passionsgeschichte, dem Tag, an dem Christus gekreuzigt worden ist, sind sie erkennbar. Der Tag begann in den Klöstern des Mittelalters zwischen Mitternacht und zwei Uhr mit Gebeten, der Vigilien oder Nocturnes.

Bei Tagesanbruch sang man Lobgesänge, die Laudes. Am Tag ging es mit den so genannten kleinen Horen, wiederum Gebete und Gesänge, weiter. Diese waren die Prim um 6 Uhr, die Terz um neun, die Sext am Mittag, die Non um drei, die Vesper um etwa 17 Uhr und die Komplet zwischen 18 und 20 Uhr. Danach begann die Nachtruhe. Eine Tatsache aber ist, dass aus praktischen Gründen die Zeiten oft vorverschoben wurden. Dies lag vor allem an Zeiten, nach welchen die Mönche aßen. Die Non wurde dann oft auf die Mittagszeit, also auf die 6. Stunde vorverschoben. Im Englischen zeugt das Wort *noon* = Mittag immer noch davon.“(Thomas Peschel)

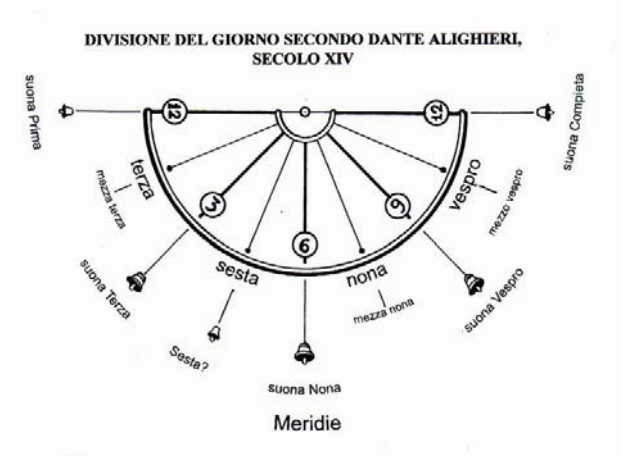


Abb. 10: Darstellung der Gebetszeiten in italienischer Sprache. Zeichnung © Mario Arnaldi, Ravenna/Italien

In jener Zeit war Nahrung für die Menschen nicht in Hülle und Fülle vorhanden! Missernten wegen schlechten Wetters oder aus anderen Gründen waren an der Tagesordnung, Vorratshaltung nur in beschränktem Maße möglich.

Die Stedinger in der Wesermarsch lebten im Einflußbereich des Bremischen Bischofs und Bischöfe übten seinerzeit eine gleichermaßen weltliche wie kirchliche Herrschaft aus. Sie prägten Geld, sprachen Recht, setzten Steuern und Abgaben fest. Besonders nachteilig erwies es sich für die Bauern, wenn sie außerdem noch im Einzugsbereich von Klöstern lebten. Nicht nur, dass sie ohne viel Federlesen zu umfangreichen Hand- und Spanndiensten, zum Kirchen- und Klosterbau für Gotteslohn (umsonst) herangezogen wurden, sondern dass die klösterlichen Wirtschaftsbetriebe natürlich eine erhebliche Konkurrenz darstellten. Keines der vielen prächtigen Klosterbauten wurde durch die paar Patres und Fratres oder

Nonnen erbaut! Es war immer die umliegende Bevölkerung! Da diese Klöster ohne Lohnzahlung produzierten, konnten sie ihre Produkte wesentlich günstiger verkaufen als die Bauern, die von Ihrer Hände Arbeit sich und ihre Familie ernähren mussten. Das war auch der Grund warum sich die Bauern mitunter gegen immer mehr Klosterneugründungen zur Wehr setzten. Ein eindrucksvolles Beispiel für so eine Gegenwehr ist in der Gegend die Huder Klosterruine. Dies führte letztlich dazu, dass die Steuer- und Abgabeneintreiber des Bischofs immer häufiger mit leeren Händen nach Bremen zurückkamen und der Bischof ernsthaft um seine Pfründe fürchtete. Deshalb wandte er sich an den obersten Priester, den Papst und beschuldigte die Stedinger dass sie Ketzer = Ungläubige seien, wiewohl es doch letztlich nur ums schnöde Geld, um Macht und geldwerten Einfluß ging und keineswegs um den katholischen Glauben!

Schauen wir uns aber zunächst noch einmal diese Sonnenuhr genauer an. Da hat einer, der Ahnung hatte, vier Linien mit großer Sorgfalt und Umsicht in den Porta-Sandstein eingegraben und auch den Kreisbogen genau hinzugefügt.

Abb. 11: Nahaufnahme der Sonnenuhr

Nehmen Sie einen Zirkel zur Hand und prüfen sie die Kreislinie nach! So ein Instrumentarium, den lichten Tag sicher einzuteilen, schafft man sich doch nur an, wenn man die Regeln ernst nimmt, wenn man die Gebete nicht irgendwann, sondern zu den vereinbarten Zeiten beten will. Das lässt durchaus den Schluss zu, dass die Stedinger, die rechts und links der Unterweser in den Marschen wohnten und schon zu Beginn des 13. Jahrhunderts als „Stedinger“ bezeichnet wurden, sehr wohl fromme Christen waren und keineswegs Ketzer. Als solche hatte sie der Bremer Erzbischof **Gerhard II.** beim Papst angeschwärzt, nachdem seine Steuereinnahmen aus den oben beschriebenen Gründen zurückgegangen waren. In fünfjährigen Verhandlungen erwirkte der Erzbischof im fernen Rom schlussendlich eine päpstliche Bulle, welche die Stedinger zu Ketzern erklärte und dem Bischof das Recht einräumte, gegen die „aufmüpfigen“ Stedinger ein Kreuzfahrerheer antreten zu lassen und sie im Namen des Papstes und im Namen des christkatholischen Glaubens niedermetzeln zu lassen! Was wurde da für ein Aufwand getrieben! Mönche kamen eigens deswegen ins Land, predigten und hetzten in allen Kirchen im Umkreis gegen die Stedinger „Ketzer“. Psychologische Kriegsführung nennt man das heute und es war besonders perfide, weil es für das Kreuzfahrerheer mit dem Versprechen des ewigen Seelenheils einherging - vollkommener Ablass heißt das im Fachjargon - der jedem versprochen wurde, der einen Stedinger tötete oder selbst beim Kampf umkam. Denn erst nachdem dieser Bonus versprochen war, und außerdem Aussicht auf reiche Kriegsbeute bestand, fanden sich auch genügend Kampfwillige!

Am 27. Mai 1234 kam es schließlich in der Schlacht von Altenesch zum Showdown. Ein gut ausgebildetes Heer von 40 000 Soldaten stand ca. 11 000 Stedinger Bauern gegenüber. Außer dem Leitspruch **„lever dod als slov“** und dem Mut der Verzweifelten hatten sie der papistischen Übermacht wenig entgegenzusetzen. 6 000 Stedinger fanden den Tod. Nachdem das zahlenmäßig und waffentechnisch weit überlegene Kreuzfahrerheer gesiegt hatte, bekamen die Soldaten die Höfe und Besitztümer der Stedinger und die überlebenden Bauern und deren Familien mussten froh sein, wenn sie als Knechte und Dienstmägde bei den neuen Herren unterkamen. Wer mit einem Motto, lieber tot sein zu wollen, als Sklave des Bischofs zu sein, sein Leben und die Existenz seiner Familie aufs Spiel setzt, der kann nicht leichtfertig gewesen sein und die vom Bischof angegebene Ketzerei- Begründung war ein reiner, aus dem heutigen zeitlichen Abstand betrachtet, ein sehr durchsichtiger Vorwand. Der Bremer Erzbischof hatte auf der ganzen Linie triumphiert und seinen Machtanspruch mit Hilfe des willfährigen Papstes wieder hergestellt.

Abb. 12: Grabplatte von Erzbischof Gerhard II. im Dom zu Bremen

Doch das reichte ihm nicht! Jetzt ließ er St. Aegidius zu einer für die damalige Bevölkerungszahl völlig überdimensionierten Kirche ausbauen: Eine reine Macht- und Siegesdemonstration des Bremer Erzbischofs also! In der Zeit nach der Schlacht wurde die vormalige Südwand der kleinen Berner Kirche abge rissen und bei dieser Kirchenerweiterung kam ver-

mutlich auch der Stein mit der Kratzsonnenuhr an die neu errichtete Westwand-Erweiterung!

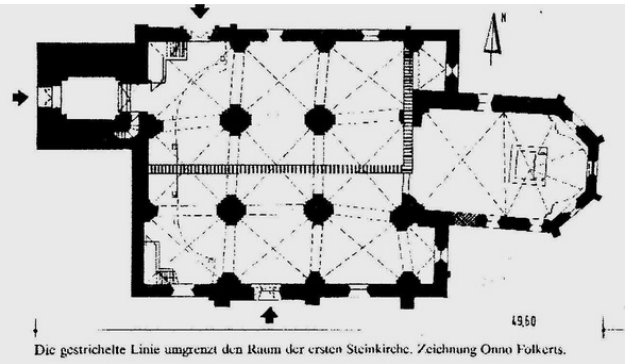


Abb. 13: Grundriss der jetzigen Kirche und der Vorgängerkirche (gestrichelte Linie)
© Ev. Kirchengemeinde St. Aegidius in Berne

Dieser gravierende Umbau der Kirche musste nach Pastor i. R. Jörg Richter in der Zeit zwischen 1234 und 1250 geschehen sein. Daraus lässt sich ableiten, dass diese Sonnenuhr, um mal eine leicht zu merkende Zahl zu nennen, so um die **777 Jahre alt** sein dürfte!

Abb. 14: rechter Zimbelstern der Orgel

Abb. 15: Melanchthon-Portrait am rechten Altarflügel

Es ist wirklich erstaunlich, was für eine große und vielfältige und tragische Geschichte so ein vermeintlich kleiner und unscheinbarer Sonnenuhrenstein zu erzählen vermag! Doch nun will ich noch einmal auf Luther und Melanchthon am Altar der Kirche zurückkommen! Ist es, nach alledem, was die Stedinger durchmachen mussten, noch verwunderlich, dass sie sich in der Reformationszeit mit Eifer den Lutheranern anschlossen und hier auch ein zwar kleines, aber nicht minder deutliches Zeichen am Altar setzen wollten?

Ja, ich empfehle Ihnen den Besuch dieses St. Aegidius - Gotteshauses in Berne sehr! Sehen Sie zu, dass Ihnen jemand die Kirche aufschließt! Noch besser: Bitten Sie Herrn **Horst Erdmann** um eine Kirchenführung! Auch führungsresistente Zeitgenossen werden dies nicht bereuen! Am besten ist es, Sie suchen sich einen Tag aus, an dem es außerdem noch am späten Nachmittag eine musikalische Darbietung gibt! Sie werden gleich beim Eintreten in die Kirche eine wunderschöne und zuletzt von der Orgelbaufirma Führer sorgsam restaurierte Orgel erblicken, die im Kern auf das Werk des Niederländers Reinhart Lampeler van Mill aus dem Jahr 1596 zurückgeht. Sie wurde vom großen Arp Schnitger sehr gerühmt und nach seinem Ratschlag restauriert. Die nächsten Termine wären – ja, diesen Service gebe ich mit Freuden – Am 1. Juli, 5. August, 2. September, 7. Oktober, 4. November 2007. Beginn jeweils um 17 Uhr! Sie firmieren unter „**Berner Abendmusiken**“ Die Abende beginnen also früh in Berne! Vorher sollten Sie aber schon die Kratzsonnenuhr an der Westwand anschaun, denn wegen der sind Sie ja eigentlich angereist! Sie befindet sich 1,60 m von der Kante zur Südwand entfernt in ca. 2,90 Meter Höhe! Der Stein mißt ca. 43 bzw. 44 x 46 cm.

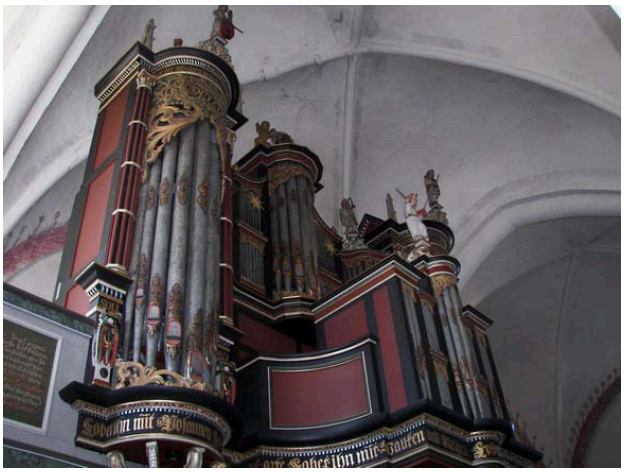


Abb. 16: Orgel der Kirche St. Aegidius in Berne

Und wenn sie schon in der Gegend unterwegs sind, dann nehmen Sie sich einen ganzen Tag Zeit und fahren auch zur **St. Laurentius**-Kirche in Loxstedt-**Dedesdorf** in der Nähe Bremerhavens. Denn hier gibt es gleich drei absolut herrliche Kratzsonnenuhren in Backstein – vermutlich aus dem 13.Jahrhundert, als die dortige Kirche zur jetzigen Größe erweitert wurde – zu sehen und obendrein noch eine sehr feine vertikale Süduhr aus dem Jahr 1726 (DGC 636). Vielleicht hat die, wenn Sie kommen auch schon ein schönes neues Schattendreieck

eingepasst bekommen, denn das jetzige ist schon erheblich abgerostet.

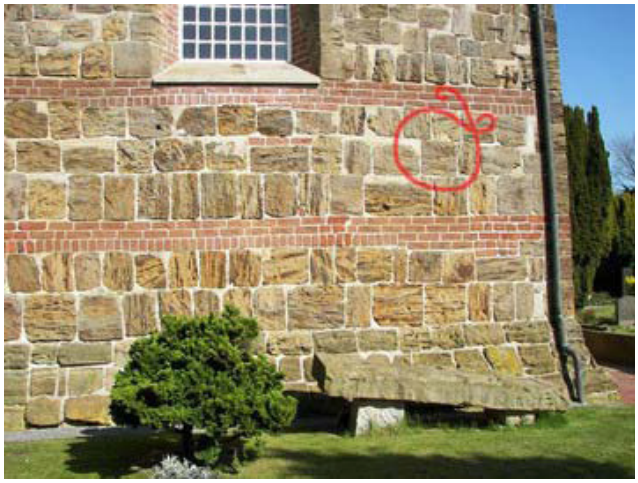


Abb. 17: Westwand mit Finde-Hilfe

Frau Pastorin Wüsteney hat mir das bei meinem letzten Besuch dort versprochen – und versprochen ist versprochen…Ja und außerdem ist diese Kirche im Besitz einer wunderschönen, werkgetreu erhaltenen und vorzüglich restaurierten **Arp Schnitger-Orgel** aus dem Jahr 1698!

Wenn Sie nun immer noch Hunger auf Kratzsonnenuhren haben, dann gäbe es nach derzeitigem Ermittlungsstand des DGC-Sonnenuhren-Bildarchivs im bremischen Umfeld nur noch die Kirche **St. Briccius** zu Huntlosen. Da sollen laut Herrn Bachmann vier Kratzsonnenuhren an der Südwand sein.

Abb. 18, 19, 20: Drei mittelalterliche Kratzsonnenuhren

Ich Ich habe bei meinem Besuch im April 2007 auch nach sehr langem Suchen nur zwei sehr schlichte Sonnenuhren-Kratz-Gebilde eindeutig identifiziert, lasse mich aber gern anhand von aussagekräftigen Fotos korrigieren! Diese kleine Wehrkirche ist übrigens ganz vorzüglich restauriert und ein echtes Kleinod! Hier lädt auch eine **offene Kirchentür** zum Besuch ein und ist nicht verriegelt, wie sonst fast überall bei den protestantischen Kirchen im Norden der Republik! Es geht also auch so!

Danke für die freundliche Unterstützung meines Aufsatzes:

Herrn **Horst Erdmann**, Berne

Herrn Pastor i. R. **Jörg Richter**, Oldenburg

Herrn Pastor **Thomas Ehlert**, Berne

Herrn **Ulf Neundorfer**, München

Herrn Dipl.-Ing. **Herbert Rau**, Berlin

Herrn **Mario Arnaldi,** Ravenna/ Italien

Herrn Dipl.-Math. **Willy Bachmann**, Richrath

Herrn **Nicola Severino**, Roccasecca/ Italien

Frau Arch. **Silvia Cipriani**, Santa Maria di Negrar/ Italien

Für alle Abbildungen, mit Ausnahme der Abbildungen 1, 3, 7, 8, 10 und 13 liegt das **Copyright** © bei Reinhold Kriegler

Literaturhinweise:

Herbert Rau, Über mittelalterliche vertikale Sonnenuhren in Mecklenburg-Vorpommern. Regionalbibliothek Neubrandenburg, 2000

Herbert Rau, Karlheinz Schaldach, Vertikalsonnenuhren des 6. – 14. Jahrhunderts, Franz Steiner Verlag Wiesbaden, Stuttgart 1994

Ulf Neundorfer, St. Aegidiuskirche zu Berne; http://www.neundorfer-ulf.de/kirche-berne/kirche.htm

Jens Schmeyers, Die Stedinger Bauernkriege; Wahre Begebenheiten und geschichtliche Betrachtungen. Stedinger Verlag Lemwerder, 2004

Thomas Perschel, Die Zeit im Mittelalter und im mittelalterlichen Kloster; 2006

Hugo Philipp, Daniel Roth, Willy Bachmann, Sonnenuhren Deutschland und Schweiz, Deutsche Gesellschaft für Chronometrie, 1994

Mario Arnaldi, OROLOGI SOLARI DIPINTI NEL CHIOSTRO DEL CONVENTO DI SAN DOMENICA A TAGGIA; Gnomonica N° 5, gennaio 2000, pag. 14-19

Ökumenisches Heiligenlexikon, http://www.heiligenlexikon.de/

Olaf Otto Dillmann, Kleiner Sandsteinführer. Deutsche Sandsteine von A-Z. Gelsenkirchen

Portasandstein: http://www.geodienst.de/portasandstein.htm

Reinhold R. Kriegler,
28357 Bremen, Kopernikusstraße 125.
Reinhold.Kriegler@gmx.de

Approximationsterme der Zeitgleichung

Im Heft der Mitteilungen Nr.109, Frühjahr 2007, hat *S. Wetzel* durch elementare analytische Abschätzungen die Amplituden A_1, A_2 eines Näherungsterms App1=ZG1+ZG2 der Zeitgleitgleichung ZG= ZG_{dyn}+ ZG_{geo} für Summanden der Form A·sin(a·(t–b)) zu A_1= –7,65min und A_2= –9,83min bestimmt. Ein wissenschaftliches Umfeld, in das der Näherungsterm einzubetten ist, findet man im SHB2006, dem Sonnenuhren-Handbuch der DGC, Ausgabe 2006 auf CD, ausgebreitet. Im Folgenden werden Teile des Umfelds für den Leser der Mitteilungen gerafft dargelegt. Es wird gezeigt, über welche Zusammenhänge die Amplituden A_1, A_2 als auch die Zeitparameter genauer festlegbar sind. Zudem werden Näherungsterme für die Änderungsraten pro Tag der Summanden ZG_{dyn} und ZG_{geo} mit den Mitteln der Differentialrechnung bestimmt. Für neu erstellte Terme App1, App2 wird die Güte der Approximation durch Vergleich mit der im SHB2006 ([2]) dargelegten Zeitgleichung beurteilt und fürs Jahr 2008 der Werteverlauf von App1 und App2 sowie der ihrer Differenz App2–App1 veranschaulicht.

Zeitgleichung

Im SHB2006 findet man die Zeitgleichung wie folgt definiert und umgeformt:

$$ZG = \frac{\alpha_M - \alpha}{15°/h} = \frac{M - V}{15°/h} + \frac{\Lambda - \alpha}{15°/h} = ZG_{dyn} + ZG_{geo}\,.$$

Es bedeuten:

α_M	Rektaszension der mittleren Sonne in der Äquatorebene ab Frühlingspunkt (FP)
Λ	ekliptische Länge der Sonne ab FP
L	Länge des Perihels ab FP
V	wahre Anomalie in der Ekliptik ab Periheldurchgang (PD)
M	mittlere Anomalie in der Ekliptik ab PD
α	Rektaszension der wahren Sonne in der Äquatorebene ab FP

Zur Umformung wurde $\Lambda = L + V$ sowie $\alpha_M = L + M = M - V + \Lambda$ benutzt.

Einfluss der elliptischen Erdbahn auf die ZG

Der Summand ZG_{dyn} beginnt mit dem Wert 0 im Moment t_p am Tag des PD und beschreibt mit dem Zeitparameter t für ein anomalistische Jahr ANJ = 365,26d (d = mittlerer Sonnentag) den Werteverlauf der Differenz $M - V = M(t) - V(t)$ bis zum nächsten PD, wobei $M(t_p)=V(t_p)=0$. Er erfasst die Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit von V, die nach den Keplerschen Gesetzen durch die Konstanz der Flächengeschwindigkeit von V und den Wert der numerische Exzentrizität e=0,01671 der elliptischen Erdbahn bewirkt sind. Nach [3,§3 Die Zeitgleichung] und [4,Kap.VII, Reihenentwicklungen im Zweikörperproblem] kann man die Differenz M–V wie folgt darstellen:

$$(1) M - V = -2 \cdot e \cdot \sin M - e^2 \cdot \frac{5}{4} \cdot \sin(2 \cdot M) - e^3 \cdot \left(-\frac{1}{4} \cdot \sin M + \frac{13}{12} \cdot \sin(3 \cdot M)\right) - \ldots$$

Einfluss der Schiefe der Ekliptik auf die ZG

Das Bild der senkrechten Projektion der ekliptischen Länge Λ der Sonne auf die Äquatorebene ist die Rektaszension α der wahren Sonne. Demnach ist $\tan\alpha = \cos\varepsilon_0 \cdot \tan\Lambda$ (siehe [5]), also $\alpha = \arctan(\cos\varepsilon_0 \cdot \tan\Lambda)$, wobei ε_0=23,44° der Neigungswinkel der Erdbahn zur Äquatorebene .

Der Summand ZG_{geo} beginnt mit dem Wert 0 im Moment t_F , wenn die Sonne im (mittleren) FP ist, und beschreibt mit dem Zeitparameter t für ein tropisches Jahr TRJ =365,24d den Werteverlauf der Differenz $\Lambda - \alpha = \Lambda(t) - \alpha(t)$ bis zum Moment t_F im nachfolgenden Jahr, wobei $\Lambda(t_F)= \alpha(t_F)= 0$. Er erfasst die durch die Projektion bewirkte Winkelverzerrung infolge der Schiefe der Ekliptik zur Äquatorebene. Durch $\Lambda = L + V$ ist diese Verzerrung über das im Jahresverlauf nahezu konstante L mit dem ungleichmäßig laufenden Bahnwinkel V verkettet. Die Differenz $\Lambda - \alpha$ kann man nach [3,§3] wie folgt darstellen: