

Die Ostausrichtung mittelalterlicher Dorfkirchen in Mecklenburg-Vorpommern

Klaus Krack

Zusammenfassung

Überlegungen zu den im Mittelalter wahrscheinlich möglichen vermessungstechnischen Methoden zur Bestimmung von Himmelsrichtungen bringen die augenscheinlich »genau« nach Osten orientierten mittelalterlichen Kirchenbauwerke in Erinnerung. Aus den heute verfügbaren Kartenquellen lassen sich speziell die Richtungen von Kirchenachsen sehr genau ableiten und es bieten sich die in großer Zahl in Mecklenburg-Vorpommern entstandenen Feldsteinkirchen für eine umfassende Untersuchung über die mittelalterlichen Möglichkeiten zur Bestimmung der Ostrichtung an. Der Beitrag stellt eine diesbezügliche Untersuchung vor.

Summary

Considering the possibilities of mensuration technological methods for determining the cardinal directions that were probably possible during the Middle Ages brings the apparently perfect eastward alignment of medieval church buildings to the mind. Given the map sources accessible by today it is possible to most accurately infer in particular the orientation of the axis of churches and the cobblestone churches that were formed in Mecklenburg-Western Pomerania in large numbers are an obvious choice for an extensive examination of the technologies for determining the east-direction.

Schlüsselwörter: Ostausrichtung, Dorfkirchen, Feldsteinkirchen, Mecklenburg-Vorpommern, Vermessungsmethoden, Richtungsbestimmung

1 Einführung

In ihrer Untersuchung über »Die Ostausrichtung der mittelalterlichen Kirchen und Gräber« haben Krack und Oberholzer (2015) die Ostausrichtung von 569 Kirchen im westlichen Europa bestimmt, wobei sie als Gesamtergebnis eine um 3° nach Norden abweichende Ostorientierung festgestellt haben, mit einer Mittelabweichung von $\pm 14^\circ$. Die Neugierde, die Ostabweichung nicht länderübergreifend wie vorerwähnt an monumentalen Kirchenbauwerken zu untersuchen, sondern auch an bescheideneren Bauwerken, führte den Autor nach Mecklenburg-Vorpommern zu den vielen, erkennbar aus Feldsteinen gebauten Dorfkirchen.

Für die nachfolgende Untersuchung zur Ostausrichtung wurden nun 330 Dorfkirchen in Mecklenburg-Vorpommern ausgesucht, deren Entstehung sich in das frühe bis späte Mittelalter zurückdatieren lässt. Sie sind im Rahmen der Landnahme und Besiedelung des nordost-deutschen Flachlandes durch Einwanderer entstanden, die das christliche Gedankengut in das heutige Nordostdeutschland getragen haben. Die Christianisierung wurde gegen Ende des 12. Jahrhunderts durch Bistumsgründungen, wie z.B. in Doberan, Mecklenburg oder Ratzeburg, besonders forciert. So entstanden prosperierende Städte und Dörfer, die gleichermaßen von Adligen und Geistlichen, vornehmlich Zisterziensern, geplant und errichtet wurden (Badstübner 2002, S. 20f.). Es ist anzunehmen, dass mit dem damit verbundenen zunehmenden Wohlstand auch dem Kirchenbau ein besonderer Stellenwert zukam. Die ersten Kirchenbauwerke wurden vermutlich mit einfachen Grundrissen in Holzbauweise erstellt (s. Abb. 1).

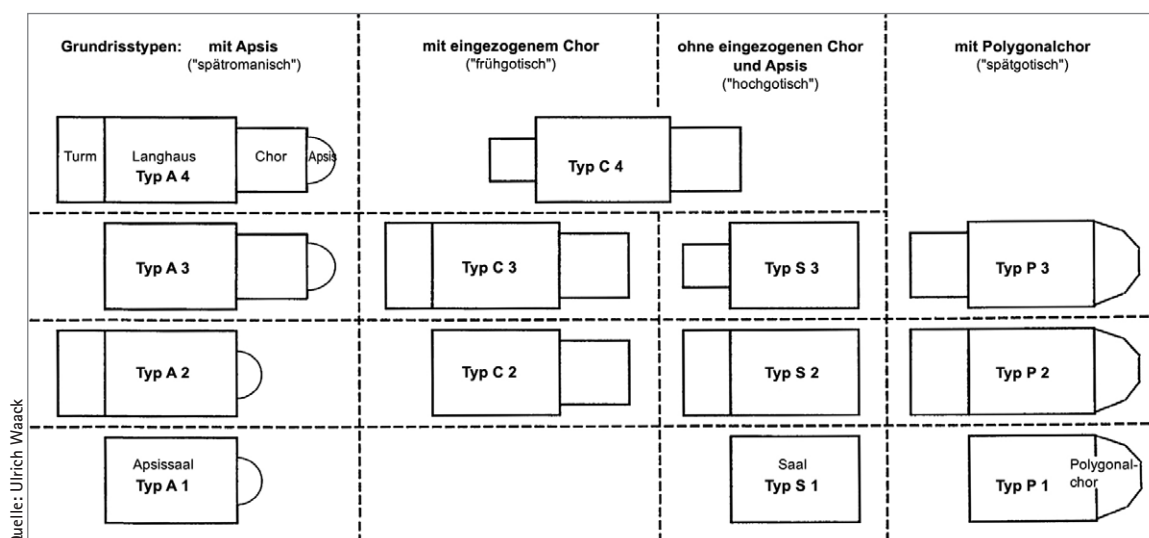


Abb. 1:
Einfache
Grundriss-
formen von
Dorfkirchen



Quelle: Schöffbeck 2014, S. 234

Abb. 2: Dorfkirche in Laase

Etwa ab dem 13. Jahrhundert kamen dann Feldsteine aus Granit in Gebrauch, die sich vor Ort in den kristallinen Geschieben der letzten Eiszeit finden ließen und die behauen als Baumaterial zum Aufbau der Außenmauern verwendet wurden. So entstanden die einfachen Dorfkirchen in »Feldsteintechnik«, die mehr einer Schutzburg denn einem Gotteshaus gleichen und welche die Zeit bis heute praktisch unverändert überstanden haben (Badstübner 2002, S. 6–9; Abb. 2).

Leider konnten bis heute aufschlussreiche historische Dokumente zur Baugeschichte der Dorfkirchen nicht aufgefunden werden; so kann der Nachweis zum Bestehen von Vorgänger-Holzkirchen und zum Übergang auf Steinbauten nur indirekt mit Hilfe der dendrochronologischen Datierung von alten Hölzern gelingen, die in den bestehenden Dorfkirchen ihre Zweitverwendung gefunden haben (Schöffbeck 2014, S. 233 f.). Nachweislich zum Beispiel in Pokrent, Carlow und Demern (Gesatzky 2011, S. 9–34).

Der technische Übergang von der vermuteten Holzkirche zur heute bestehenden Dorfkirche aus behauenen Feldsteinen kann nur erahnt werden. Allerdings geben bestimmte Baumerkmale, wie z.B. Baunähte, Anlass zu der Vermutung, dass die heutigen Steinbauten durch einfaches Umbauen der Holzkirchen entstanden sein könnten. Die Orientierung der Dorfkirchen darf daher als bestehendes, auf die Gründungszeit der Holzkirchen zu-

rückgehendes Merkmal gewürdigt werden, wenn es denn eine solche gegeben hat (Schöffbeck 2014, S. 231; Abb. 3).

Betrachtet man die geografische Lage der bis heute weitgehend in ihrem ursprünglichen Zustand erhaltenen Dorf- bzw. Feldsteinkirchen in Mecklenburg-Vorpommern, so fällt sowohl ihre dichte Verbreitung – der mittlere Abstand zwischen den Kirchen beträgt nur wenige Kilometer – als auch ihre augenscheinliche Osausrichtung auf. Die große Anzahl so nahe beieinander liegender Kirchen legt die Vermutung nahe, dass in der Entstehungszeit von nur zwei Jahrhunderten nicht wenige Handwerker gleichzeitig tätig gewesen sein mussten. Vermutlich waren fachlich ausgebildete Steinmetze, Maurer und Zimmerleute beteiligt, wobei nicht geklärt ist, ob sie sich organisiert und in Bauhütten zusammengeschlossen haben (Ehl 1926, S. 20–23). Es ist aber denkbar, dass sie ihr Wissen über die speziellen bautechnischen Anforderungen bezüglich Standsicherheit, Lotrichtig- und Rechtwinkligkeit, die ein Kirchenbauwerk stellt, austauschen konnten, und es muss darüber hinaus ein spezielles »Know-how« zur Bestimmung der Ostrichtung gegeben haben, falls die Orientierung nicht von einem Vorgängerbauwerk zu übernehmen war. Die spärlich vorhandenen Schriftquellen geben leider keine genaue Auskunft über die Herkunft und den Wissensschatz dieser Handwerker (Schöffbeck 2014, S. 197–198).

Es bleibt daher die Frage, welches Messverfahren zur Ausrichtung der Dorfkirchen nach Osten wohl benutzt worden sein könnte und wie »genau« die Bauwerkshauptachsen nach Osten ausgerichtet sind. Die Bestimmung der Ausrichtung ist heute mit den im Internet frei zugänglichen Kartenquellen und Luftbildern mit erstaunlicher Genauigkeit möglich. Zum Beispiel erlauben der internetbasierte Online-Dienst des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG 2019) oder Google Maps mit Hilfe der Option »Was ist hier«, die geografischen Koordinaten eines im Luftbild gut einstellbaren Punktes im Koordinatensystem WGS84 mit einer Mittelabweichung von 10^{-6} Grad am Monitor abzugreifen. Dies entspricht in Nord-Südrichtung einer metrischen Unsicherheit von $\pm 0,11$ m. Das zwischen zwei Messpunkten damit berechenbare Azimut (A) ergibt sich dann bei einer Entfernung zwischen den Messpunkten von z.B. 16 m – dies entspricht dem durchschnittlichen Abstand

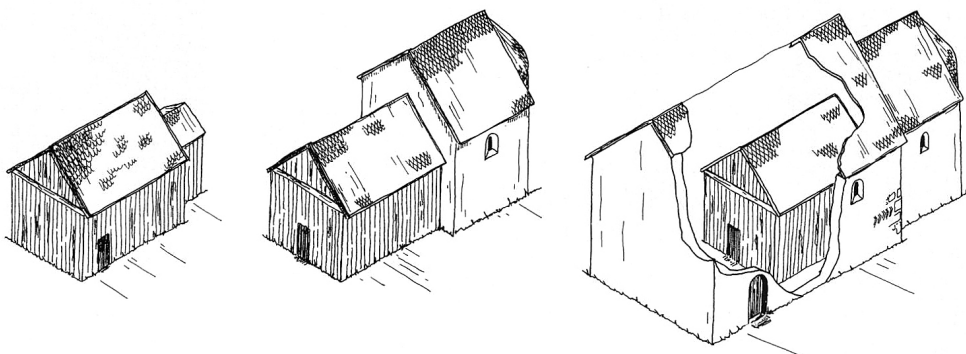
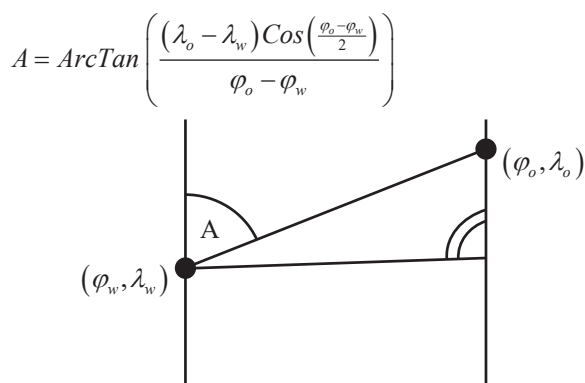


Abb. 3:
Rekonstruktion der bau-
lichen Entwicklung von der
Holz- zur Steinkirche

Quelle: Schöffbeck 2014, S. 231



Quelle: Krack und Oberholzer 2015, S. 37

Abb. 4: Azimutberechnung aus geografischen Koordinaten

zwischen östlichem und westlichem Firstpunkt der Dorfkirchen – mit einer Unsicherheit von $\pm 0,8^\circ$ (s. Abb. 4). Es erscheint daher sinnvoll, berechnete Abweichungen von der exakten Ost-Westrichtung, die im Folgenden als Ostabweichungen bezeichnet werden, auf volle Grad zu runden und Abweichungen in Richtung Nordost mit negativem und Abweichungen in Richtung Südost mit positivem Vorzeichen anzugeben.

Um nun zu einer belastbaren Aussage bezüglich möglicher Messverfahren zur Ostausrichtung, d.h. zur Ostabweichung der Dorfkirchen, zu kommen, kann auf eine Zusammenstellung von 330 Dorfkirchen in den Landkreisen Ludwigslust Parchim (LUP), Rostock (LRO), Mecklenburgische Seenplatte (MSE), Nordwestmecklenburg (NWM), Vorpommern Greifswald (VG) und Vorpommern Rügen (VR) zurückgegriffen werden (Gesatzky 2001, S. 9–34; Basan 2018; Abb. 5). Die Firstendpunkte dieser Dorfkirchen wurden im Luftbild mit ihren geografischen Koordinaten abgegriffen und die Azimute der Bauhauptachsen berechnet. Anhand der aus diesen Azimuten abgeleiteten Ostabweichungen können nun Systematiken gesucht und der Versuch unternommen werden, die aus heutiger Sicht damals möglichen Orientierungsverfahren einzugrenzen. Dazu werden nachstehende Orientierungsverfahren in Betracht gezogen.

2 Orientierung nach dem Polarstern

Durch die unmittelbare Beobachtung des Polarsterns lässt sich »eine« Nordrichtung finden und in die Natur übertragen, die danach einfach um 90° nach Osten versetzt werden kann. Im Mittelalter musste ein Beobachter, dem damaligen Wissensstand entsprechend, dem Polarstern allerdings eine feste Position am Himmelszelt unterstellen. Diese Annahme ist unzutreffend, da die Präzession der Erdachse zu einer scheinbaren Bewegung des Polarsterns um den Himmelspol führt. Im 12. Jahrhundert, zur Gründungszeit der ältesten Dorfkirchen, erschien der Polarstern unter der Deklination von ca. $85,2^\circ$. In der mittleren geografischen Breite Mecklenburg-Vorpommerns ($53,7^\circ$) bedingt dies eine maximale Abweichung der Visierlinie zum Polarstern von $\pm 8^\circ$ bezogen auf die wahre Nordrichtung und kann daher zu einer dementsprechenden Ostabweichung führen. Die exakte Nordrichtung würde man nur dann beobachten, wenn der Stern zufällig beim Durchgang durch den Ortmeridian anvisiert würde. Der Rückgriff auf das astronomische Verfahren erscheint hier aber unwahrscheinlich, da dem Polarstern keine liturgische Bedeutung zukommt. In der Ergebniszusammenstellung finden sich aber dennoch 195 Kirchenachsen mit einer Ostabweichung in den Grenzen von $\pm 8^\circ$.

3 Orientierung mit dem magnetischen Kompass

Der magnetische Kompass ist ein einfach zu handhabendes Messinstrument, mit dem die Himmelsrichtungen unmittelbar bestimmt werden können. Allerdings finden sich in der Literatur erst im ausgehenden Mittelalter um 1500, also deutlich nach der Gründung der Dorfkirchen, entsprechende Beschreibungen zu terrestrischen, nicht-nautischen magnetischen Nordsuchern (Ludwig und Schmidtchen 1997, S. 62–64). Auch nachgebildete Exponate arabischer Schwimmkompasser datieren aus dieser Zeit, wie die Beispiele in Abb. 6.

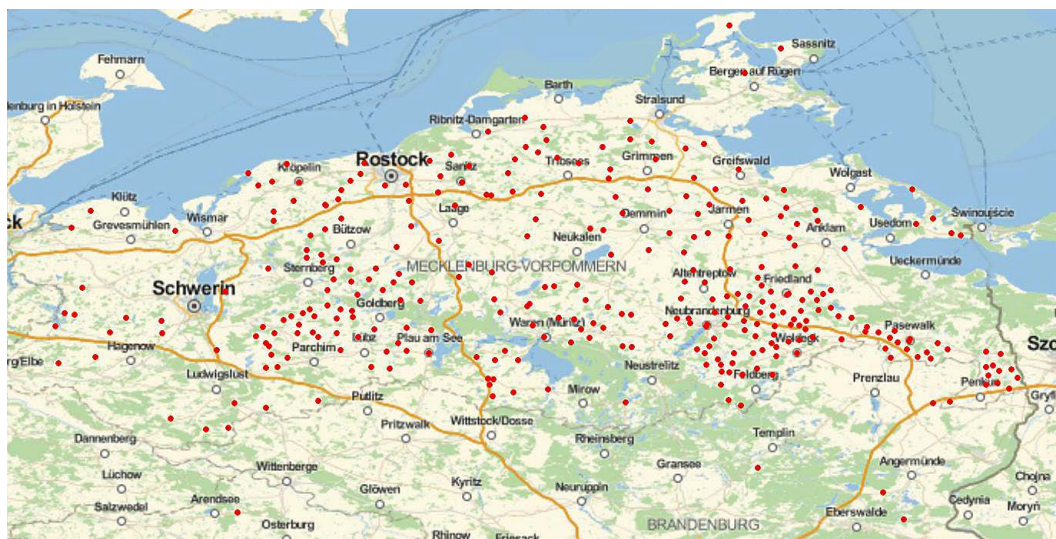


Abb. 5: Geografische Verteilung der zusammengestellten 330 Dorfkirchen in Mecklenburg-Vorpommern

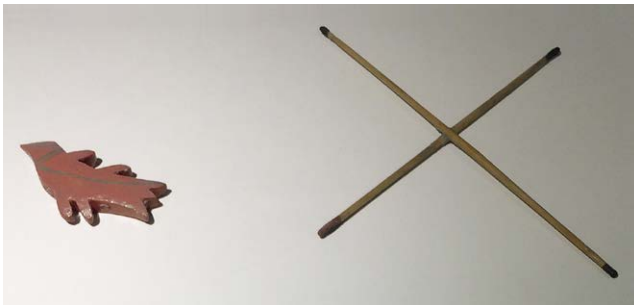


Abb. 6: Arabische Schwimmkompass. Beim Gebrauch schwimmen die Kompass in einer mit Wasser gefüllten Schale. Links: Magnetnadel mit fischförmiger Holzverkleidung, um 1450. Rechts: Magnetnadel mit Strohstäbchen, um 1230. Nachgebildete Exponate im Deutschen Museum München, Inv.-Nr. 19486 und 19487

Die exakte Ostrichtung mit Hilfe eines magnetischen Kompasses findet man auch nur dann, wenn zum Zeitpunkt der Beobachtung die vorherrschende lokale Deklination bekannt ist und berücksichtigt wird. Anderenfalls müsste sie sich in der Ostabweichung wiederfinden. Global kann die Deklination nur bis in das Jahr 1590 zurückverfolgt werden (USGS 2019). Weiter zurück reichende Modelle, wie sie von Korte et al. (2019, S. 52) für Europa publiziert wurden, postulieren Deklinationswerte für das späte 13. Jahrhundert zwischen $\pm 4^\circ$ und $\pm 10^\circ$ (s. Abb. 7). In der Ergebniszusammenstellung können nur 33 Bauwerksachsen mit einer Ostabweichung zwischen $\pm 4^\circ$ bis $\pm 10^\circ$ gefunden werden. Vor dem Hintergrund der mittleren Ostabweichungen von -5° aller untersuchten Dorfkirchen erscheint die Benutzung eines magnetischen Nordsuchers daher unwahrscheinlich. Zu dieser Annahme kommen z.B. auch Hoare und Sweet (2000) und Arneitz et al. (2014).

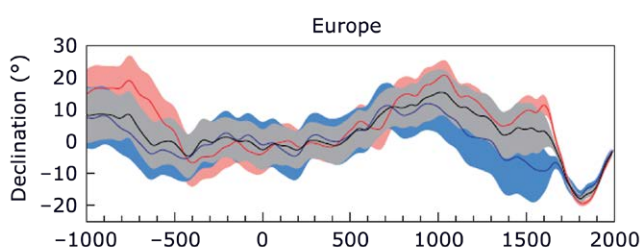


Abb. 7: Deklinationswerte verschiedener Modelle. Rot: Model ARCH3k.1; blau: Model SED3k.1; schwarz: Model CALS3k.3

Im Gegensatz zu den vorerwähnten Orientierungsmethoden erscheint die Orientierung der Kirchenachsen mit Hilfe der Sonne nunmehr als eine im Mittelalter praktikablere Methode und als ein Verfahren, das sich näher zu betrachten lohnt.

4 Orientierung nach Osten mit der Sonne

Die exakte Ost-Westrichtung kann an beliebigen sonnigen Tagen mit Hilfe des sogenannten »Indischen Kreises« gefunden und abgesteckt werden (s. hierzu die Prinzipskizze in Abb. 8). Das Vermessungsverfahren ist von Krack und Oberholzer (2015, S. 43 f.) ausführlich dokumentiert und praktisch erprobt worden; wobei die Ost-Westrichtung mit einer Abweichung von $-0,3^\circ$ in die Natur übertragen werden konnte.

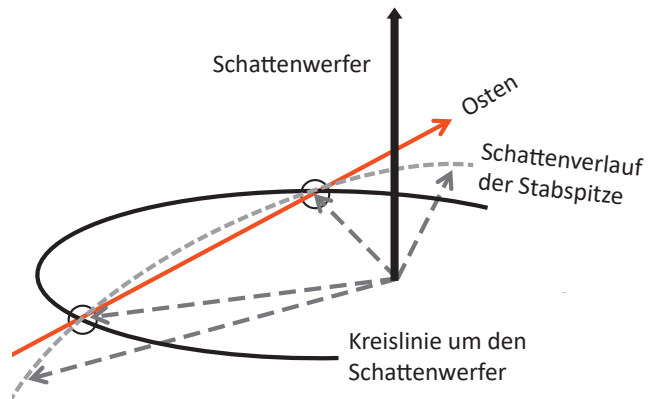


Abb. 8: Prinzipskizze zum Messverfahren »Indischer Kreis«

Der »Indische Kreis« dürfte durch die im Mittelalter benutzte lateinische Sprache unter Gelehrten weite Verbreitung gefunden haben. Inwieweit die Baumeister in Mecklenburg-Vorpommern das Verfahren beherrschten, konnte der Autor nicht nachweisen. Auch nicht nachweisbar ist die Kenntnis eines sogenannten »Sonnenkompasses«, wie er von Wikingern benutzt worden sein könnte (Ropars et al. 2011).

Wie die praktische Erprobung des Indischen Kreises gezeigt hat, müssten mit diesem Verfahren orientierte Bauwerkhauptachsen ziemlich genau nach Osten weisen. Unterstellt man eine realisierbare Messgenauigkeit von $\pm 2^\circ$, lassen sich 56 Bauwerke in der Ergebniszusammenstellung mit Ostabweichungen zwischen -2° bis $+2^\circ$ finden.

5 Orientierung am Sonnenaufgang

Im Ablauf des Sonnenjahres liegt der Sonnenaufgang nur an den Äquinoktien, d.h. am 20./21. März und am 22./23. September, genau im Osten. Darauf wies auch Sicard von Cremon (um 1160–1215) in dem ihm zugeschriebenen liturgischen Werk »Mitrale« hin: »Herr Gott, allmächtiger Vater, geruhe deinen Engel vom Himmel her zu schicken, der diesen Ort und alle, die an ihm beten oder beten werden, bewachen, hegen, besuchen und verteidigen möge! Indem er dies spricht und tut, soll der Bischof sich nach Osten wenden, das heißt gen Sonnenaufgang zur **Tag- und Nachtgleiche**, nicht, wie es manche tun, zur Sommerzeit«. (Binding et al. 2002)

Berücksichtigt man einen Sonnenstand von etwa zwei Sonnendurchmessern über einem topografisch nicht eingeschränkten Horizont – dies entspricht einem Höhenwinkel von ca. 1° – wird die Sonnenscheibe mit einer Ostabweichung zwischen 0° und 2° beobachtbar. Dies unterstellt, könnten zur Tag- und Nachtgleiche 22 Dorfkirchen am Sonnenaufgang orientiert worden sein.

Die größte Abweichung von der genauen Ostrichtung beim Sonnenaufgang stellt sich an den Sommer- und Wintersonnwenden, den Solstitien, am 20./21. Juni und am 21./22. Dezember ein. In der mittleren geografischen Breite von Mecklenburg-Vorpommern beträgt die Ostabweichung ca. -41° bei der Sommersonnwende und $+44^\circ$ bei der Wintersonnwende. Da die Ostabweichungen aller untersuchten Bauwerkshauptachsen im Bereich zwischen -28° und $+23^\circ$ liegen, könnten alle aufgesuchten Dorfkirchen an beliebigen Tagen im Jahr am Sonnenaufgang orientiert worden sein, nicht aber an den Solstitien.

Aus kultureller Sicht ist es nun naheliegend, den Sonnenaufgang am wichtigsten christlichen Fest, dem Osterfest, als vermessungstechnische Hilfe zur Orientierung eines Kirchenbauwerks zu betrachten. Dazu zählen die Tage im Zeitfenster des Sonnenaufganges an Ostern.

6 Der Sonnenaufgang im Zeitfenster des Osterfestes

Krack und Oberholzer (2015, S. 45f.) führen zur Ostausrichtung nach dem Sonnenaufgang im Zeitfenster des Osterfestes Folgendes aus: »Im gesamten Einflussbereich der katholischen Kirche war für die administrative Vorbereitung des Osterfestes die verbindliche kalendarische Festlegung von größter Bedeutung. Die Erforschung des genauen Zusammenhanges zwischen scheinbarer Sonnenbahn und Mondphase im jährlichen Ablauf wurde daher von der Kurie maßgeblich gefördert. Eine besondere messtechnische und mathematische Herausforderung stellte dabei u. a. die Verfeinerung des nicht ganzzahligen Wertes von 365,25 Tagen für einen jährlichen elliptischen Umlauf der Erde um die Sonne dar. Die Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen fanden ihren Niederschlag in der Kalenderreform von 1582 und in einem »Computus«, einer kirchlich definierten Rechenvorschrift zur Berechnung künftiger Osterdaten. Eine ausführliche Darlegung der von der katholischen Kirche geförderten astronomischen Experimente und Beobachtungen zur Datierung der Osterfeste findet man in Heilbron (1999).«

In der mittleren geografischen Breite von Mecklenburg-Vorpommern erscheint die Sonne zum frühestmöglichen Ostertermin am 22. März unter dem Höhenwinkel von ca. 1° mit einer Ostabweichung von $+1^\circ$. Zum spätestmöglichen Ostertermin, am 25. April, mit einer Ostabweichung von -23° .

Durch die zeitliche Nähe des frühesten Osterdatums (22. März) zum Datum der Tag- und Nachtgleiche ist eine sichere Zuweisung der Kirchenachsen entweder zum Datum der Tag- und Nachtgleiche oder zum Osterfest nicht möglich. Allerdings stellt sich der früheste Ostertermin sehr selten ein, sodass es wahrscheinlicher erscheint, »genau« ostwärts weisende Kirchenachsen mit dem Sonnenaufgang zur Tag- und Nachtgleiche oder der Orientierung nach Osten mit dem Indischen Kreis in Verbindung zu bringen. In der Ergebniszusammenstellung lassen sich 252 Dorfkirchen in das Zeitfenster des Osterfestes mit den Ostabweichungen zwischen $+1^\circ$ bis -23° einordnen (s. Abb. 9).

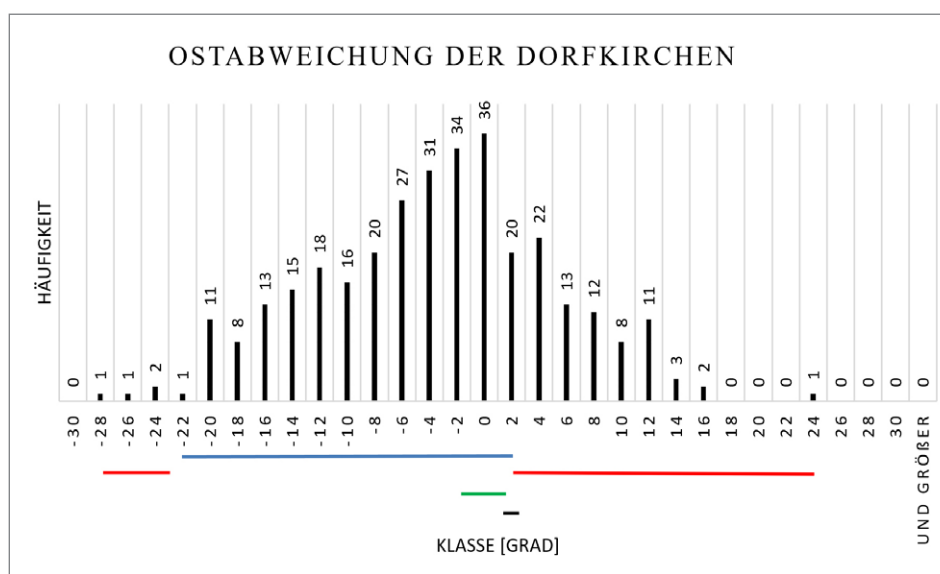


Abb. 9: Histogramm. Blau: Osterfenster, rot: außerhalb des Osterfensters orientierte Dorfkirchen, grün: Indischer Kreis und schwarz: Tag- und Nachtgleiche

7 Schlussbetrachtung

Zusammenfassend stellt sich die Analyse der Ostausrichtung der Dorfkirchen in Mecklenburg-Vorpommern wie folgt dar:

- Anzahl der untersuchten Dorfkirchen: 330
- Anzahl der Dorfkirchen im Sonnenaufgangsfenster: 330, davon
 - im Osterfenster: 252 (76 %)
 - zur Tag- und Nachtgleiche: 22 (7 %)
 - mit Hilfe des Indischen Kreises: 56 (17 %)
 - zur Winter- bzw. Sommersonnwende: 0
 - übrige: 75 (23 %)
- Arithmetisches Mittel der Ostabweichung: -5° Mittelabweichung: $\pm 7^\circ$



Abb. 10:
Lage und Orientierung der Dorfkirchen im Osterfenster (blau), zur Tag und Nachtgleiche oder Indischer Kreis (grün) und außerhalb des Osterfensters orientierte Dorfkirchen (rot)

Der Mittelwert aller ermittelten Abweichungen von der genauen Ostrichtung beträgt -5° bei einer Mittelabweichung von $\pm 7^\circ$. Es darf daher sicher angenommen werden, dass der Ostausrichtung auch bei den einfachen Dorfkirchen eine zentrale Bedeutung zugekommen ist. Die Untersuchung zeigt, dass dem Sonnenstand eine große Bedeutung als einfach nutzbare Orientierungshilfe zugeschrieben werden kann. Diese Annahme bestätigen auch Ali und Cunich (2001). Die Richtungsanalyse lässt jedoch keine eindeutige Eingrenzung auf eine bestimmte Orientierungstechnik zu. In der Gesamtschau kommt der Orientierung der Bauwerkshauptachse am Sonnenaufgang im Zeitfenster des Osterfestes mit 76 % der untersuchten Dorfkirchen allerdings eine herausragende Rolle zu. Mit einer geringen Ostabweichung von $\pm 2^\circ$ weisen aber immerhin 21 % der ermittelten Ostabweichungen auf die an beliebigen sonnigen Tagen im Jahr nutzbare Orientierungshilfe des Indischen Kreises hin.

Die sich im Rahmen der unterstellten Messunsicherheiten ergebenden Überschneidungen zwischen den diskutierten Orientierungstechniken lassen darüber hinaus keine enge Eingrenzung auf eine einzige Orientierungstechnik zu. Es lassen sich auch keine gebietsspezifischen Systematiken erkennen (s. Abb. 10). Hierzu könnten nur aussagekräftige Quellen anderer Fachgebiete weitere Erkenntnisse beitragen. Leider hat der Autor bis heute keine entsprechenden Hinweise gefunden.

Literatur

- Ali, J., Cunich, P. (2001): The Orientation of Churches: Some New Evidence, *The Antiquaries Journal*/Volume 81, published online by Cambridge University Press 2011, 155–193.
- Arneitz, P. et al. (2014): Orientation of churches by magnetic compasses?, *Geophysical Journal International*, Vol. 198, Issue 1, 1–7.
- Badstübner, E. (2002): *Feldsteinkirchen des Mittelalters in Brandenburg und in Mecklenburg-Vorpommern*. 1. Auflage, Hinstorff Verlag, Rostock.
- Basan, W. (2018): *Basans illustrierte Beschreibung der mittelalterlichen Feldsteinkirchen in Deutschland*. www.feldsteinkirchen.de, letzter Zugriff 25.07.2019.

- Binding, G., Linscheid-Burdich, S., Wippermann, J. (2002): *Planen und Bauen im frühen und hohen Mittelalter nach den Schriftquellen bis 1250*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2019): *GeoBasis-DE*. http://sg.geodatenzentrum.de/web_dop_viewer/index.html, letzter Zugriff 25.07.2019.
- Ehl, H. (1926): *Norddeutsche Feldsteinkirchen*. Georg Westermann Verlag, Braunschweig.
- Gesatzky, R. (2011): Angewandte historische Bauforschung in Mecklenburg-Vorpommern an den Beispielen der mittelalterlichen Dorfkirchen zu Prokrent, Carlow und Demern. In: *KulturErbe in Mecklenburg-Vorpommern*, Band 7, 9–34.
- Heilbron, J. L. (1999): *The Sun in the Church – Cathedrals as Solar Observatories*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hoare, P. G., Sweet, C. S. (2000): The orientation of early medieval churches in England, *Journal of historical geography*, Vol. 26, 162–173.
- Korte et al. (2019): www.gfzpublic.gfzpotdam.de/pubman/item/escidoc:238823:1/component/escidoc:238822/13218.pdf, letzter Zugriff 17.07.2019.
- Krack, K., Oberholzer, G. (2015): *Die Ostausrichtung mittelalterlicher Kirchen und Gräber*. Schriftenreihe des Instituts für Geodäsie der Universität der Bundeswehr München, Heft 90.
- Ludwig, K.-H., Schmidtchen, V. (1997): *Metalle und Macht 1000–1600*. Propyläen Verlag, Berlin.
- Ropars, G., Gorre, G., Le Floch, A., Enoch, J., Lakshminarayanan, V. (2011): A depolarizer as a possible precise sunstone for Viking navigation by polarized skylight. In: *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, physical and engineering sciences*, Vol. 468, Issue 2139, 671–684. DOI: doi.org/10.1098/rspa.2011.0369.
- Schöfbeck, T. (2014): *Mittelalterliche Kirchen zwischen Trave und Peene: Studien zur Entwicklung einer norddeutschen Architekturlandschaft*. Lukas Verlag, Berlin.
- USGS (2019): *Geomagnetism*. www.usgs.gov/natural-hazards/geomagnetism, letzter Zugriff 25.07.2019.

Kontakt

AkDir i.R. Dr.-Ing. Klaus Krack
Universität der Bundeswehr München, Professur für Landmanagement
85577 Neubiberg
klaus.krack@unibw.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodaesie.info.