



Zwolle – Sint-Michaëlskerk

Dendrochronologisch onderzoek

Van Daalen Dendrochronologie

Projectnummer: 19.068

Afgerond: december 2019

Auteur: ir. S. van Daalen

Contact:

H.G. Gooszenstraat 1, kamer 15, 7415 CL Deventer

vandaalen@dendro.nl

www.dendro.nl

tel: +31 (0)630114237

In opdracht van:

ARCX monumentenzorg en cultuurhistorie

Bergstraat 41

6981 DB Doesburg

Copyright: ARCX monumentenzorg en cultuurhistorie en/of Van Daalen dendrochronologie

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van ARCX monumentenzorg en cultuurhistorie en/of Van Daalen Dendrochronologie.

INLEIDING

De geschiedenis van Grote of Sint-Michaëlskerk te Zwolle gaat terug tot de late 14^e eeuw. Gedurende het bestaan van de kerk is deze onderhevig geweest aan een aantal aanpassingen waarvan de ombouw naar een driebeukige hallenkerk de meest ingrijpende is. Daarnaast is de kerk 2 maal zwaar beschadigd. In eerste keer in 1548 toen de kap afbrandde en een tweede maal in 1682 toen op 17 december de toren instortte op de kap.

Verschillen in de samenstelling van de gebinten en 2 telmerkreeksen per kap wijzen mogelijk op verschillen in ouderdom tussen (of binnen) de kappen. Om dit nader te bepalen is dendrochronologisch onderzoek op de verschillende delen uitgevoerd.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van ARCX monumentenzorg en cultuurhistorie en vond plaats tussen juni en december 2019 op het laboratorium van Van Daalen Dendrochronologie te Deventer.

METHODE

Selectie en vooronderzoek

Voor ieder monster is nagegaan of het een dateerbare houtsoort betrof, of het voldoende jaarringen leek te hebben (minimaal 70) en of het jaarringpatroon vrij was van verstoringen. Waar mogelijk wordt voorkeur gegeven aan monsters met spinhout of wankant (zie hieronder). Voor monsters waarvan de houtsoort niet met het blote oog bepaald kon worden is aan de hand van microscopische coupes en een determinatiesleutel¹ de houtsoort bepaald.

Meting(en)

Geschikt bevonden monsters hebben elk een unieke metingcode toegekend gekregen en zijn volgens standaard methodes langs één of meerdere radiale trajecten geprepareerd.² Langs ieder radiaal traject zijn de jaarringbreedtes ingemeten met een daartoe ingerichte meetopstelling.³ Waar meerdere metingen aan hetzelfde monster verricht zijn, zijn deze gemiddeld tot één meting zodat ieder individueel element altijd door één meting vertegenwoordigd wordt (zie tabel 2).

Bij het inmeten is gelet op aanwezigheid van spinhout of wankant.⁴ Deze informatie wordt gebruikt voor het schatten van een kapjaar of kapinterval. Hierbij worden de volgende situaties

¹ Schweingruber 1990.

² Pilcher 1990.

³ Een Velmex meetopstelling met Acu-Rite QV10-V lineaire codeerder met een nauwkeurigheid van 10 µm gekoppeld aan een Euromex binoculair microscoop met een vergroting van 10 en 30 maal.

⁴ De termen spinhout en wankant worden toegelicht in bijlage 1.

onderscheiden (zie tabel 1). De codering is gebaseerd op Baillie (1982, p.61) en wordt toegelicht in bijlage 1.

Tabel 1. Verschillende schattingsmethoden voor kapintervallen voor een datering in het jaar x.

code	omschrijving	notatie
A	wankant aanwezig, kapinterval vastgesteld buiten groeiseizoen van laatste jaar.	herfst/winter x/x+1
A1	wankant aanwezig, kapinterval vastgesteld tijdens groeiseizoen van laatste jaar.	zomer x
A2	wankant aanwezig; kapinterval vastgesteld in aanvang van volgend groeiseizoen.	lente x+1
B	geen wankant, spinhout deels aanwezig; Bayesiaanse schatting van een kapinterval (alleen voor eik)	mediaan, ($2 \cdot \delta$ interval)
C	alleen spinhoutgrens aanwezig; schatting van een kapinterval (alleen voor eik)	mediaan, ($2 \cdot \delta$ interval)
D	geen spinhout aanwezig (alleen voor eik)	na x+min. aantal spinhout
E	geen spinhout aanwezig	na x

Dateringsonderzoek

De metingen zijn met behulp van dendrochronologische software⁵ met elkaar en met referentiecurven vergeleken. Voor iedere positie tussen de metingen zijn twee parameters berekend:

1. Student t-waarde. De t-waarde beschrijft de overeenkomst tussen twee getallenreeksen voor een gegeven positie. Hoe hoger deze waarde, hoe sterker de gelijkheid is; een t-waarde hoger dan 5 komt grofweg neer op een kans van 1 op 10.000 dat de gevonden uitslag op toeval berust en kan als een indicatie voor een datering beschouwd worden. Voorafgaand aan het berekenen van de t-waarde worden de jaarringbreedtes logaritmisch getransformeerd⁶ zodat deze een normale verdeling benaderen.
2. *Gleichläufigkeit* (GLK); het percentage van de intervallen tussen twee jaren waarin de meting en referentiecurve gelijktijdig een stijging of daling in het jaarringpatroon laten zien. In de praktijk wordt een GLK van minder dan 62 als zwak beschouwd.

Synchronisaties die aan de statistische vereisten voldoen zijn door de dendrochronoloog visueel beoordeeld. De synchronisatie is vervolgens geaccepteerd of verworpen. Onderlinge dateringen zijn uitgevoerd om metingen uit dezelfde boom te identificeren en/of één of meerdere middelcurven samen te stellen die het dateren faciliteren.

⁵ PAST4. Uitgegeven door SCIEM, Wenen (Oostenrijk). www.sciem.com

⁶ De zogeheten transformatie van Hollstein (Hollstein 1980).

RESULTATEN

Selectie en vooronderzoek

Op de kerk zijn 3 kappen aanwezig. De noord- en middenkap bevatten 18 gebinten en een koorsluiting. De gebinten zijn hier van west naar oost genummerd. Aan de noordwestzijde zijn de gevolgen van de torenval zichtbaar in de vorm van een aantal grenen (*Pinus sylvestris* L.) gebinten waarmee de kappen hersteld zijn. De overige gebinten zijn in eiken (*Quercus* sp.) uitgevoerd en komen voor in 4 schillende vormen. Deze lijken varianten op een basisvorm die zich hoofdzakelijk onderscheiden in de afwezigheid van middenstijlen en gerelateerde elementen. Qua afmeting en bewerking zijn de eiken balken echter consistent. Uit de eiken gebinten zijn 33 boormonsters genomen. Deze zijn verspreid over de 6 mogelijke bouwfases (3 kappen en 2 sets telmerken per kap) genomen (zie tabel 2). Daarnaast zijn 2 monsters genomen uit de grenen delen om de veronderstelde samenhang met de torenval van 1682 te bevestigen. zijn 2 boormonsters uit het grenen genomen.

M3 en M19 missen enkele jaarringen halverwege de boormonsters. Deze zijn aangevuld met vergelijkbare metingen.

Metingen

Tabel 2. Overzicht van de meetgegevens. n:aantal jaarringen, n_(s): aantal spintringen, type: schattingswijze voor het kapinterval conform tabel 1.

monster	omschrijving	houtsoort	meting	n	n _(s)	type
M1	middenbeuk, koorsluiting, halfspant 2	eik	19.068.001	74	15	A
M2	middenbeuk, koorsluiting, trekbalk noord	eik	19.068.002	76	16	A
M3	middenbeuk, koorsluiting, trekbalk zuid	eik	19.068.003	141	17	A
M4	middenbeuk, gebint 15, dekbalk	eik	19.068.004	103	11	A
M5	middenbeuk, gebint 14, middenstijl	eik	19.068.005	160	22	A
M6	middenbeuk, gebint 12, dekbalk	eik	19.068.006	130	23	A
M7	middenbeuk, gebint 10, dekbalk	eik	19.068.007	128	20	A
M8	middenbeuk, gebint 10, middenstijl	eik	19.068.008	127	11	A
M9	middenbeuk, gebint 16, trekbalk	eik	19.068.009	134	17	A
M10	middenbeuk, gebint 11, trekbalk	eik	19.068.010	111	19	A
M11	middenbeuk, gebint 9, trekbalk	eik	19.068.011	116	19	A2
M12	noordbeuk, koorsluiting trekbalk zuidoost	eik	19.068.012	93	21	A
M13	noordbeuk, gebint 17, dekbalk	eik	19.068.013	82	7	B
M14	noordbeuk, gebint 15, dekbalk	eik	19.068.014	133	17	A
M15	noordbeuk, gebint 13, middenstijl	eik	19.068.015	133	17	A2
M16	noordbeuk, gebint 12, korbeel noord	eik	19.068.016	142	18	A

M17	noordbeuk, gebint 9, korbeel middenstijl op 2e gebint	eik	19.068.017	84	22	A
M18	noordbeuk, gebint 7, trek balk	eik	19.068.018	144	22	A
M19	noordbeuk, gebint 9, trek balk	eik	19.068.019	89	20	A
M20	zuidbeuk, gebint 16, korbeel zuid (bij middenstijl)	eik	19.068.020	118	19	B
M21	zuidbeuk, gebint 15, middenstijl	eik	19.068.021	121	20	A
M22	zuidbeuk, gebint 13, dekbalk	eik	19.068.022	112	21	A
M23	zuidbeuk, gebint 13, trek balk	eik	19.068.023	90	26	A
M24	zuidbeuk, gebint 10, middenstijl	eik	19.068.024	165	19	A
M25	zuidbeuk, gebint 8, korbeel zuid (bij middenstijl)	eik	19.068.025	134	25	A
M26	zuidbeuk, gebint 7, trek balk	eik	19.068.026	138	17	A*
M27	zuidbeuk, gebint 4, dekbalk	eik	19.068.027	150	20	A*
M28	zuidbeuk, gebint 3, trek balk	eik	19.068.028	140	25	A
M29	zuidbeuk, gebint 2, middenstijl	eik	19.068.029	64	15	B
M30	middenbeuk, gebint 6, korbeel zuid (bij middenstijl)	eik	19.068.030	86	19	A2
M31	middenbeuk, gebint 5, dekbalk	eik	19.068.031	128	21	A
M32	middenbeuk, gebint 4, trek balk	eik	19.068.032	105	17	A
M33	middenbeuk, gebint 2, trek balk	eik	19.068.033	142	21	A2
M34	middenbeuk, hoekkeper zuid	grove den	19.068.034	148	n.v.t.	A
M35	noordbeuk, trek balk halfspant nr 2	grove den	19.068.035	199	n.v.t.	A

Dateringsonderzoek

Onderlinge synchronisatie laat voor een groot deel van de metingen goede resultaten zien. De metingen laten in vergelijking met referentiecurven echter vergelijkbare of betere resultaten zien. Hoewel voor het eiken een middelcurve gemaakt kan worden voegt deze weinig toe aan het onderzoek en is niet gebruikt.

Van de 35 monsters kon alleen één grenen monster niet gedateerd worden (zie tabel 3).

De vermelde referentiecurven staan in tabel 4 toegelicht.

Tabel 3. Overzicht van de dateringen met statistische onderbouwing. De grafische weergave van de metingen met de onderstreepte referentiecurve staat in bijlage 2. eind_(m)/eind_(r): positie van de laatste jaarring van de meting/referentie.

meting	eind _(m)	referentie	eind _(r)	overlap	GLK	t-waarde
19.068.001	1547	<u>DECENTO1</u>	1975	74	74,3	5,16
19.068.002	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	76	77,6	6,99
19.068.003	1545	<u>NL.VME-NT</u>	1835	141	65,6	7,52
19.068.004	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	103	75,7	6,79
19.068.005	1546	<u>NL.VME-NT</u>	1835	160	69,4	6,28
19.068.006	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	130	64,6	5,22
19.068.007	1545	<u>NL.VME-NT</u>	1835	128	71,9	7,24
19.068.008	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	127	69,7	6,05
19.068.009	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	134	66,8	5,66
19.068.010	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	111	64,0	5,70
19.068.011	1546	<u>NL.VME-NT</u>	1835	116	71,6	5,20
19.068.012	1546	<u>NL132.1.14</u>	1619	93	72,0	4,68
19.068.013	1535	<u>NL.VME-NT</u>	1835	82	72,0	5,91
19.068.014	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	133	65,8	6,98
19.068.015	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	133	76,3	9,21
19.068.016	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	142	67,3	6,06
19.068.017	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	84	73,2	6,59
19.068.018	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	144	64,6	5,48
19.068.019	1548	<u>NL213.3.6</u>	1556	89	68,0	5,58
19.068.020	1543	<u>NLTWWF01</u>	1972	118	68,2	8,03
19.068.021	1547	<u>NLTWWF01</u>	1972	121	69,8	7,87
19.068.022	1547	<u>NLTWWF01</u>	1972	112	69,2	7,53
19.068.023	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	90	68,9	5,38
19.068.024	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	165	71,5	8,14
19.068.025	1547	<u>DEWEFA01</u>	1801	134	64,6	5,42
19.068.026	1545	<u>NL.VME-NT</u>	1835	138	63,0	5,49
19.068.027	1546	<u>DEWEFA01</u>	1801	150	70,0	9,01
19.068.028	1545	<u>NLTWWF01</u>	1972	140	66,4	5,92

19.068.029	1545	<u>NLTWWF01</u>	1972	64	69,5	5,42
19.068.030	1546	<u>NLTWWF01</u>	1972	86	62,2	4,54
19.068.031	1547	<u>NL.VME-NT</u>	1835	128	77,3	9,00
19.068.032	1546	<u>NL.VME-NT</u>	1835	105	69,0	6,90
19.068.033	1544	<u>NLTWWF01</u>	1972	142	68,0	8,58
19.068.034	1684	<u>NLPISYO3</u>	1736	148	67,6	7,39

Tabel 4. Overzicht van vermelde referentiecurven.

referentie	omschrijving
DECENT01	Midden en West-Duitsland. Referentiecurve voor eik (-761 - 1975). Hollstein, 1980.
DEWEFA01	Duitsland, Westfalen. Referentiecurve voor eik (1060 - 1801). Hollstein, 1980.
NL.VME-NT	Nederland, algemeen. Referentiecurve voor eik (282 - 1835). Van Daalen, niet gepubliceerde data.
NL132.1.14	Coevorden, Markt; divers bouwhout (import uit Westfalen). Referentiecurve voor eik (1250 - 1619). Van Daalen, niet gepubliceerde data.
NL213.3.6	Hellendoorn, Kasteel Schuilenberg; fundering (import uit Westfalen). Referentiecurve voor eik (1411 - 1556). Van Daalen, niet gepubliceerde data.
NLPISYO3	Nederland, constructiehout (import uit Zuid-Noorwegen). Versie 20160607. Referentiecurve voor grove den (1253 - 1736). Van Daalen, niet gepubliceerde data.
NLTWWF01	Nederland, Duitsland (Twente, Westfalen). Referentiecurve voor eik (1040 - 1972). Tisje, niet gepubliceerd data.

INTERPRETATIE

Het onderzoek is er in geslaagd voor alle monsters (op één na) een datering te vinden. Het eikenhout is gekapt in een periode van 4 jaar tussen het einde van 1544 en het einde van 1548. Verreweg de meeste eiken zijn echter gekapt in de herfst/winter 1547/48 (zie tabel 5). De enkele monsters zonder wankant kunnen ook tot dit interval gerekend worden. Dit betekent dat al het eiken (mogelijk met uitzondering van M19) vóór de brand gekapt is en er voor de reconstructie hout gekocht is dat op dat moment beschikbaar is. Een enkel grenen monster kon gedateerd worden in de herfst/winter van 1684/85. Dit is consistent met de torenval van 17 december 1682 die een deel van de kap beschadigde en geeft aan dat er enige tijd tussen het instorten en herstel van toren en kap verstreken is.

Tabel 5. Schatting van de kapintervallen. Het type is de schatting volgens tabel 1.

monster	meting	eind	kapinterval	type
M1	19.068.001	1547	herfst/winter 1547/48	A
M2	19.068.002	1547	herfst/winter 1547/48	A
M3	19.068.003	1545	herfst/winter 1545/46	A
M4	19.068.004	1547	herfst/winter 1547/48	A
M5	19.068.005	1546	herfst/winter 1546/47	A
M6	19.068.006	1547	herfst/winter 1547/48	A
M7	19.068.007	1545	herfst/winter 1545/46	A
M8	19.068.008	1547	herfst/winter 1547/48	A
M9	19.068.009	1547	herfst/winter 1547/48	A
M10	19.068.010	1547	herfst/winter 1547/48	A
M11	19.068.011	1546	lente 1546	A2
M12	19.068.012	1546	herfst/winter 1546/47	A
M13	19.068.013	1535	rond 1544 (tussen 1535 – 1557)	B
M14	19.068.014	1547	herfst/winter 1547/48	A
M15	19.068.015	1547	lente 1547	A2
M16	19.068.016	1547	herfst/winter 1547/48	A
M17	19.068.017	1547	herfst/winter 1547/48	A
M18	19.068.018	1547	herfst/winter 1547/48	A
M19	19.068.019	1548	herfst/winter 1548/49	A
M20	19.068.020	1543	rond 1547 (tussen 1543 – 1559)	B
M21	19.068.021	1547	herfst/winter 1547/48	A
M22	19.068.022	1547	herfst/winter 1547/48	A
M23	19.068.023	1547	herfst/winter 1547/48	A
M24	19.068.024	1547	herfst/winter 1547/48	A
M25	19.068.025	1547	herfst/winter 1547/48	A
M26	19.068.026	1545	rond 1547	A*
M27	19.068.027	1546	rond 1548	A*

M28	19.068.028	1545	herfst/winter 1547/48	A
M29	19.068.029	1545	rond 1549 (tussen 1545 – 1562)	B
M30	19.068.030	1546	zomer 1546	A2
M31	19.068.031	1547	herfst/winter 1547/48	A
M32	19.068.032	1546	herfst/winter 1547/48	A
M33	19.068.033	1544	zomer 1544	A2
M34	19.068.034	1684	herfst/winter 1684/85	A
M35	19.068.035	-		A

De herkomst van het hout laat een zeer typisch beeld zien. Het eiken is afkomstig uit het (noord)westen van Duitsland. De onderlinge synchronisaties zijn niet uitgesproken sterk, dus het lijkt hier niet om één samenhangende partij hout te gaan. De wijd verspreide aanwezigheid van vlotpennen of de resten daarvan geeft aan dat het hout gevlot is. Het 17^e-eeuwse grenen is afkomstig uit het zuiden van Noorwegen wat zeer gebruikelijk voor deze periode is.

LITERATUUR

Baillie, M.G.L., 1982: *Tree-ring dating and Archaeology*. ISBN 0-7099-0613-7. Croom Helm Ltd. London.

Bronk Ramsey, C., 2009: Bayesian analysis of radiocarbon dates. In: *Radiocarbon*, 51(1), pp. 337-360.

Hollstein, E., 1980: *Trierer Grabungen und Forschungen. Band XI*, Rheinisches Landesmuseum Trier. ISBN 3-8053-0096-4. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein.

Pilcher, J.R., Sample preparation, Cross-dating, and Measurement. In: Cook, E.R., Kairiukstis, L.A., (eds) 1990: *Methods of Dendrochronology, Applications in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-0586-8.

Schweingruber, F.H., 1990: *Mikroskopische Holzanatomie. Formenspektren mitteleuropäischer Stamm- Und Zweigölzer zur Bestimmung von recentem und subfossilem Material*. 226 pp. Zürcher AG. ZugOxf.: 811.1 __ 016 : 810 : 814.7 (4). 3^e druk.

BIJLAGE 1

- A. Wankant aanwezig: De jaarringrens van de buitenste jaarring direct onder de bast maakt het mogelijk het seizoen te bepalen waarin de boom gekapt is. Aanwezigheid van de wankant betekent per definitie dat het spinhout volledig aanwezig is. Het seizoen waarin de boom gekapt is volgt uit de mate waarin de buitenste ring gevormd is:
1. A: De buitenste jaarring is volledig gevormd. Het kapinterval valt buiten het groeiseizoen van de laatste (gedateerde) jaarring.
 2. A1: De buitenste jaarring is niet volledig gevormd. Het kapinterval valt in het groeiseizoen van de laatste (gedateerde) jaarring.
 3. A2: Alleen de aanzet tot de buitenste jaarring is aanwezig. Deze jaarring wordt niet ingemeten. Het kapinterval valt aan het begin van het groeiseizoen volgend op de laatste (ingemeten) jaarring.
- B. Spinhout aanwezig: Het spinhout is de buitenste zone van de stam waar het hout nog niet is omgezet in kernhout. Niet alle houtsoorten vormen kernhout en alleen bij eik is het aantal jaarringen in het spinhout statistisch te omschrijven zodat een schatting gemaakt kan worden van het aantal ontbrekende jaarringen tot de wankant. Voor het berekenen van het kapinterval wordt OxCal⁷ gebruikt met door de auteur samengestelde spinhoutstatistieken. Hieruit volgt een jaartal dat het meest waarschijnlijk is (de mediaan), met daarom heen een $2 \cdot \delta$ (95,4%) betrouwbaarheidsinterval. Spinhoutstatistieken verschillen zijn niet voor alle herkomstgebieden hetzelfde, waardoor naar gelang de herkomst van het hout andere spinhoutstatistieken toegepast kunnen worden.
- C. Spinhoutgrens aanwezig: Als (een deel van) de contouren van een monster één en dezelfde jaarring volgen dan kan dit geïnterpreteerd worden als de overgang tussen het kernhout en het (niet meer aanwezige) spinhout. Hierbij wordt op dezelfde wijze als hierboven een kapinterval berekend. Hierbij moet de kanttekening geplaatst worden dat dit alleen met redelijke zekerheid vastgesteld kan worden als dit langs een voldoende groot deel van de contouren van het monster zichtbaar is.
- D. Geen spinhout aanwezig: Hierbij is het niet mogelijk een kapinterval te schatten en kan alleen gesteld worden dat in ieder geval een klein aantal spinhoutringen (6 stuks) volgt op het kernhout. De vroegst mogelijke datering wordt dan met een corresponderend aantal jaarringen gecorrigeerd. Dit geldt alleen voor eik.
- E. Geen spinhoutstatistieken beschikbaar of geen kernhoutvorming: Hierbij is het niet mogelijk een kapinterval te schatten en kan alleen gesteld worden dat het kapjaar ná de datering van de buitenste ring valt. Dit wordt zowel toegepast voor houtsoorten die geen kernhout vormen, of waarvoor het aantal spinhoutringen niet rekenkundig te omschrijven is.

⁷ Bronk Ramsey 2009.

BIJLAGE 2

Hier onder staan de metingen afgebeeld met de in tabel 3 aangegeven referentie. Op de x-as staan de jaartallen, op de y-as de ringbreedtes op een logaritmische schaal, uitgedrukt in 1/100 mm. Het spinthout is gestippeld aangegeven. De grijze banen geven intervallen met een positieve GLK aan.











