

University of Groningen

Kunstvoorwerpen dateren met radiokoolstof

van der Plicht, Hans

Published in:
 Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version
 Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:
 2019

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):
 van der Plicht, H. (2019). Kunstvoorwerpen dateren met radiokoolstof. *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde*, 85(7), 34-38.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



KUNSTVOORWERPEN DATEREN MET RADIOKOOLOSTOF

Radiokoolstof is een radioactief isotoop dat in de natuur voorkomt. Het kan worden gebruikt ten behoeve van een breed scala van toepassingen zoals onderzoek naar de koolstofcyclus en dateren van monsters voor de archeologie, aardwetenschappen en de kunst. Voorbeelden van dit laatste zullen nader worden besproken.

Het element koolstof komt in de natuur in drie verschillende isotopen voor: ^{12}C , ^{13}C en ^{14}C . Hiervan zijn ^{12}C en ^{13}C stabiel, en ^{14}C is radioactief. Het heeft een halveringsjijd van 5730 jaar en een natuurlijk voorkomen $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C} \approx 10^{-12}$. Het wordt continu geproduceerd in de bovenste lagen van de atmosfeer door kosmische straling. Deze bestaat voornamelijk uit protonen, waarvan de relatief laagenergetische worden ingevangen door het geomagnetisch veld. Hun interacties met atmosferische moleculen produceren onder andere neutronen. Deze kunnen op hun beurt een kernreactie met atmosferische stikstof aangaan: $n + ^{14}\text{N} \rightarrow p + ^{14}\text{C}$. Dit ^{14}C reageert met zuurstof tot $^{14}\text{CO}_2$ en komt via fotosynthese in planten en vervolgens via de voedselketen ook in de biosfeer terecht. Het evenwicht tussen productie en radioactief verval van ^{14}C zorgt voor de hierboven genoemde verhouding van 10^{-12} . Zodra een organisme sterft, houdt de opname van ^{14}C via de voedselketen uiteraard op en rest alleen het radioactief verval. Vanaf dat moment neemt de ^{14}C -concentratie dus af. Hierop is het dateringsprincipe gebaseerd: door van een fossiel het resterende ^{14}C -gehalte te meten, kan de ouderdom worden berekend met de exponentiële vervalwet voor radioactiviteit. Met de ^{14}C -methode kunnen organische materialen zoals hout, houtskool, botten, plantenresten enzovoorts worden gedateerd tot circa 50.000 jaar geleden. Bij deze ouderdom is de ^{14}C -concentratie afgenomen tot $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C} \approx 10^{-15}$, de meetgrens van de methode.

Tegenwoordig wordt ^{14}C gemeten door middel van AMS (*accelerator mass spectrometry*), een vorm van massaspectrometrie

van C-ionen met een 200 kV tandemversneller (zie [1] voor een beschrijving van de Groningse machine).

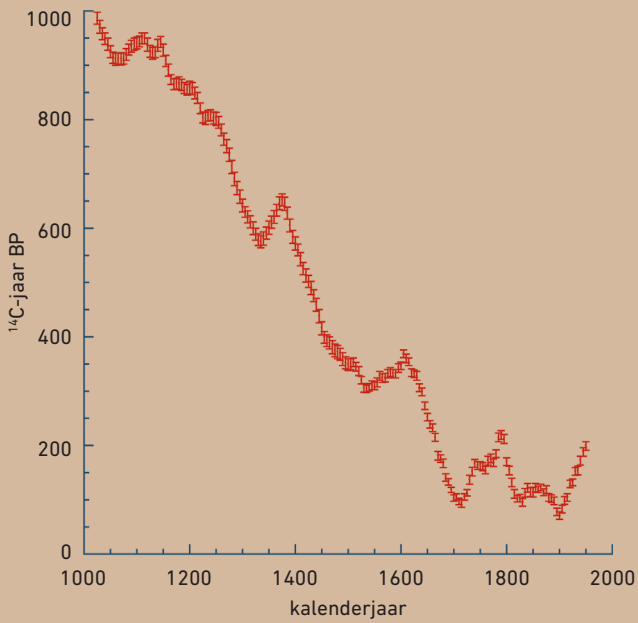
De ^{14}C -tijdschaal

Het berekenen van ouderdom uit de gemeten ^{14}C -concentratie lijkt eenvoudig met behulp van de vervalwet voor radioactiviteit. In werkelijkheid zijn er echter complicaties. Allereerst blijkt dat het natuurlijke ^{14}C -gehalte $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C} \approx 10^{-12}$ niet constant is. Het geomagnetisch veld varieert en ook magnetische stormen van de zon bepalen mede de sterkte van het magnetisch veld rondom de aarde. Dit beïnvloedt rechtstreeks het aantal ingevangen kosmische protonen en dus ook de productie van ^{14}C in de atmosfeer. Naast deze natuurlijke oorzaak voor variaties in de ^{14}C -concentratie treden in onze moderne tijd ook antropogene effecten op. Fossiele brandstoffen zijn miljoenen jaren oud en bevatten dus geen ^{14}C meer; de ^{14}C -concentratie in de natuur neemt daardoor gestaag af sinds de industriële revolutie. Daarentegen is er extra ^{14}C door de mens in de natuur geïntroduceerd door (test)explosies van kernbommen. Daarnaast zijn er andere complicaties. Zo is gedurende de eerste jaren een verkeerde waarde voor de halveringstijd gebruikt (5568 jaar). Verder hebben we te maken met isotopenfractionering. Een illustratief voorbeeld hiervoor is de fotosynthese: planten nemen $^{12}\text{CO}_2$ gemakkelijker op dan het zwaardere $^{14}\text{CO}_2$. De plant bevat daardoor minder ^{14}C dan de atmosfeer waarin hij groeit. Een dergelijke isotopen- (en dus massa-) afhankelijkheid vindt plaats bij alle biologische, fysische en chemische processen. Organismen en materialen uit dezelfde tijd kunnen daardoor een verschillende ^{14}C -concentratie

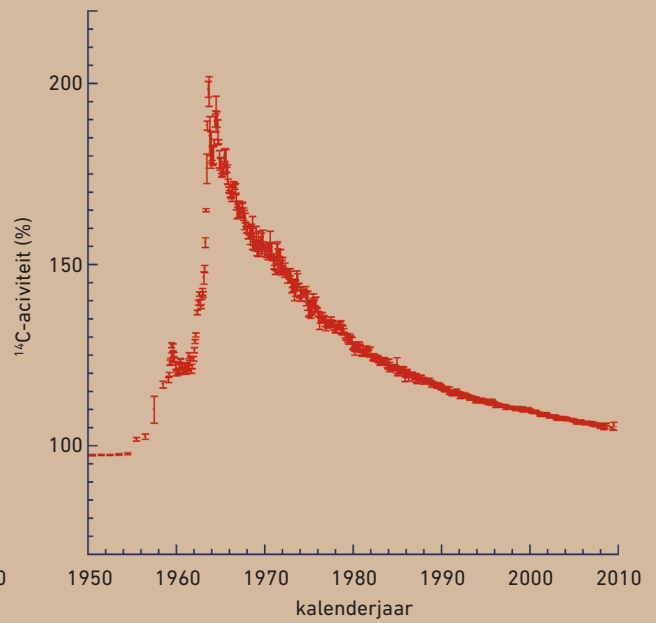


Hans van der Plicht (1951) studeerde technische natuurkunde aan de TUD en promoveerde in de kernfysica aan de RUG. Hij is emeritus hoogleraar bij het Centrum voor Isotopen Onderzoek en was tevens bijzonder hoogleraar aan de faculteit Archeologie van de UL. Hij is lid van de KNAW. j.van.der.plicht@rug.nl

ONDERZOEK



Figuur 1. De ^{14}C -ijkgrafiek (het verband tussen ^{14}C -ouderdommen in BP en de historische kalender) voor het laatste millennium.



Figuur 2. De relatieve ^{14}C -concentratie sinds 1950 in de atmosfeer, bovenal gekenmerkt door testexplosies van kernbommen.



Figuur 3. Schild gemaakt van een elandgewei geassocieerd met Lodewijk de Vrome, wat met ^{14}C kon worden bevestigd. Foto: Rijksmuseum, Amsterdam.

hebben en dus ook verschillen in hun onderlinge ¹⁴C-ouderdom. Dit effect kan enkele honderden jaren bedragen. Genoemde complicaties zijn ‘opgelost’ met de zogenoemde ¹⁴C-conventie. Deze houdt in dat de ¹⁴C-tijdschaal is gedefinieerd door middel van standaardisatie. Zo blijft men vasthouden aan de ‘foute’ waarde van de halveringstijd, omdat het niet handig is die te veranderen; dit zou grote verwarring scheppen. Ook het effect van isotopenfractionering is gestandaardiseerd. Voor meer details wordt naar de vakliteratuur verwezen [2].

De standaard ¹⁴C-activiteit is gerelateerd aan het jaar 1950. De conventionele ¹⁴C-ouderdom wordt weergegeven in de eenheid BP, wat oorspronkelijk *before present* (vóór 1950) betekende. Maar dit kan niet letterlijk worden genomen door genoemde complicaties. De ¹⁴C-tijdschaal loopt dus uit de pas met de kalender (het effect van de halveringstijd); bovendien zijn er periodes van versnelling of vertraging van die pas (door een variërende natuurlijke ¹⁴C-concentratie).

De BP-tijdschaal kan worden geïkht naar kalenderjaren door ¹⁴C-dateringen te verrichten van monsters met een bekende historische ouderdom. Dit is op grote schaal gedaan met behulp van dendrochronologie, het dateren van hout met jaarringen van bomen (zie bijvoorbeeld [3]).

De ijkgrafiek voor het laatste millennium is afgebeeld in figuur 1. De metingen zijn gedaan voor dendrochronologisch gedateerd hout en geven de kalenderouderdom (horizontaal). Verticaal zijn de bijbehorende ¹⁴C-ouderdommen in BP geplot.

De ijkgrafiek is niet lineair en laat duidelijk variaties zien in het natuurlijke ¹⁴C-gehalte. Dit maakt de ijking ingewikkeld, vooral als we de meetfouten meenemen. Voor dit doel is speciale software ontwikkeld.

De ¹⁴C-variaties zijn veroorzaakt door fluctuaties in zonne-activiteit. Deze zijn vooral aanwezig vanaf de zeventiende eeuw, niet toevallig de periode die als de Kleine IJstijd bekend staat. Dit toont direct al het grootste probleem betreffende dateren voor kunst: ¹⁴C-dateringen jonger dan 300 BP

geven na ijking meerdere mogelijkheden tussen 1600 en vandaag. En de vraag naar dateringen van kunstvoorwerpen betreft vooral deze periode – van schilderijen, houten beelden en ivoor tot muziekinstrumenten. Overigens schrikken eigenaren van een (vermeende) Stradivarius-viool toch al terug als ze van ons horen dat we er een stukje vanaf moeten zagen. Ook al is er slechts een paar milligram materiaal nodig, de ¹⁴C-methode is destructief.

In de moderne tijd (sinds circa 1950) wordt de ¹⁴C-concentratie rechtstreeks gemeten in atmosferische CO₂. Voor het noordelijk halfrond zijn de data gegeven in figuur 2. De ¹⁴C-concentratie wordt weergegeven als activiteit, relatief ten opzichte van het natuurlijke gehalte (de standaard, 100%); ‘BP’ heeft geen betekenis voor modern materiaal.

De ‘bompiek’ is duidelijk te zien, met een maximum van 200% in 1963. Na 1963 zijn er alleen ondergrondse kernproeven uitgevoerd, waardoor het relatieve ¹⁴C-gehalte in de atmosfeer weer afneemt door uitwisseling van ¹⁴CO₂ tussen atmosfeer en oceaan, en gebruik van (¹⁴C-vrije) fossiele brandstoffen. Het ¹⁴C-niveau in de atmosfeer is daardoor weer bijna terug op de natuurlijke waarde.

Wat heeft dit met kunst te maken?

Dateren van voorwerpen uit zeg 1970 is toch doorgaans niet interessant?

Het gaat hier echter veelal om het aantonen van vervalsingen. Als het monster een ¹⁴C-activiteit heeft boven de 100%, dan kan het niet anders of het voorwerp stamt uit het tijdperk van de kernbom.

Spraakmakende voorbeelden

Bij de recente verbouwing van het Rijksmuseum in Amsterdam kwam een bijzonder voorwerp tevoorschijn, een schild gemaakt van een elandgewei. Volgens traditie zou dit schild stammen uit de grafkelder van keizer Lodewijk de Vrome, zoon en opvolger van Karel de Grote, in Metz. Het schild is gedateerd in Groningen op 1055 ± 30 BP, geïkht: 975 - 1020 na Christus (getallen afgerond op 5, 1-sigma betrouwbaarheid). Het voor-

werp is in werkelijkheid enkele eeuwen na de dood van Lodewijk gemaakt en toen waarschijnlijk opgehangen in de grafkapel. Het is nu een topstuk in het Rijksmuseum (figuur 3). Zonder een ¹⁴C-datering zou dit voorwerp niet goed in de geschiedenis te plaatsen zijn.

Een voor de ¹⁴C-methode illustratief voorbeeld betreft een Middeleeuws schilderij (figuur 4) uit het museum Huis Bergh te 's-Heerenberg. Het schilderij zelf is niet met ¹⁴C-gedateerd, dat kan ook niet want de methode werkt alleen voor organisch materiaal (zoals hout) en niet voor verf en dergelijke. Het schilderij mag uiteraard ook niet beschadigd worden door er een monster van te nemen. De houten lijst kan wel worden gedateerd en het bemonsteren kan vrijwel onzichtbaar gebeuren.

Voor dit schilderij leverde de houten lijst een datering op van 180 ± 30 BP. Zoals duidelijk is uit figuur 1, levert de ijking drie mogelijkheden op. Met het computerprogramma is berekend 1665 - 1685, 1735 - 1805 en 1930 - 1950 na Christus. Van een nauwkeurig historische datering is dus geen sprake. Toch is met behulp van ¹⁴C een belangrijke vraag beantwoord in dit geval. De vraag was namelijk of de houten lijst origineel is (Middeleeuws dus) of van een latere datum. Dit laatste blijkt nu duidelijk het geval.

Een bijzonder project betreft een serie iconen uit Oekraïne, gedateerd in Groningen [4]. In tegenstelling tot het eerdere voorbeeld, is de schildering direct op het hout aangebracht. De enige onzekerheid is dan dat de kunstenaar een oud stuk hout zou hebben gebruikt, maar dat ligt niet echt voor de hand. Een voorbeeld is een bijzonder oud icoon uit Kiev (figuur 5), waarvan de historische ouderdom niet goed bekend was. Hout van dit topstuk is gedateerd op 1060 ± 25 BP, na ijking wordt dit 980 - 1015 na Christus.

De oudheid

Er is nog een onderwerp dat niet mag ontbreken: kunst uit de prehistorie. Juist hier is ¹⁴C essentieel om tot een goede datering te komen. Wellicht het beroemdste voorbeeld zijn de grot-

schilderingen uit het paleolithicum (de oude steentijd) in de Grotte Chauvet Pont d'Arc, in de Franse Ardèche-vallei. De grot is ontdekt in 1994, is onverstord en bevat honderden schilderingen van dieren uit de ijstijd waaronder leeuwen, die blijkbaar toen in Zuid-Frankrijk leefden, en paarden (zie openingsfiguur).

De schilderingen zijn gemaakt met houtskool. Archeologen bepaalden op stilistische gronden aanvankelijk een ouderdom van ongeveer 15.000 jaar van deze schilderingen, vergelijkbaar met die van andere grotschilderingen in Zuidwest-Europa. Maar dateringen met ¹⁴C (onder andere uit Groningen) van het houtskool geven een veel hogere ouderdom: ongeveer 30.000 BP. Dat wordt niet door iedereen geaccepteerd "omdat het niet kan". Er is nog steeds een debat hierover gaande, een schoolvoorbeeld van een 'richtingenstrijd' tussen alfa's en beta's. Een mogelijk argument is dat de kunstenaar houtskool van (destijds) 15.000 jaar oud heeft gebruikt, zodat het nu 30.000 dateert. Aan de andere kant, een aantal schilderingen is bekrast

door holenberen die ook in de grot hebben gebivakkeerd. De schilderijen moeten dus ouder zijn dan de beren – en skeletresten van deze dieren dateren ook ongeveer 30.000 BP.

Voor een gedegen samenvatting van de chronologie (inclusief ijking naar kalenderjaren en meetfouten) kan de lezer terecht in de vakliteratuur [5].

Slotopmerkingen

Dateren van kunst met ¹⁴C kan vrijwel nooit de authenticiteit bewijzen van een kunstvoorwerp, in juridische zin. Zelfs niet als de datering klopt; we weten dan alleen dat het echt zou kunnen zijn. Dus de methode is op zijn best aanvullend.

Wat wel kan is falsificatie; dit is feitelijk de belangrijkste bijdrage van ¹⁴C in de praktijk. Als de datering niet klopt met de verwachting is dat belangrijke informatie. Bijvoorbeeld, bevat het voorwerp 'bom-¹⁴C', dan is het van na 1950 en niet uit de gouden eeuw. Als de datering van een schilderij middeleeuws is volgens ¹⁴C, is het niet door Van Gogh gemaakt.

Maar zelfs dan: van het schilderij kan

alleen de houten lijst worden gedateerd: er kan oud hout zijn gebruikt, of anderen hebben mogelijk later de lijst verwisseld. Het hierboven genoemde 'oude houtskool' als materiaal gebruikt voor de grotschilderingen valt ook in deze categorie.

Het fraaiste voorbeeld wat ons laboratorium is gepasseerd in dit opzicht: we hebben ooit een houten Christusbeeld gedateerd, dat zou middeleeuws moeten zijn. De uitkomst is wonderbaarlijk: 4000 ± 60 BP, ver voor de tijd van Christus dus. De kunstenaar, wie en wanneer dan ook, heeft voor zijn werk duidelijk een stuk hout gebruikt dat toen al vele eeuwen oud was.

REFERENTIES

- 1 H.A. Synal, M. Stocker en M. Suter, MICADAS: a new compact radiocarbon AMS system, *Nuclear Instruments and Methods* **B259**, 7-13 (2007).
- 2 W.G. Mook en J. van der Plicht, Reporting ¹⁴C activities and concentrations, *Radiocarbon* **41**, 227-239 (1999).
- 3 E. Jansma en J. van der Plicht, Kalenders van hout, *Natuur en Techniek* **66/8**, 62-71 (1998).
- 4 N. Kovalyukh et al., Dating of ancient icons from Kiev art collections, *Radiocarbon* **43**, 1065-1075 (2001).
- 5 A. Quiles et al., First comprehensive chronological model of a decorated Upper Palaeolithic cave, *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113**, 4670-4675 (2016).



Figuur 4. Middeleeuws schilderij, waarvan met een ¹⁴C-bepaling van de houten lijst een dateringskwesitie kon worden opgelost. Foto: Collectie Stichting Huis Bergh, Inv.nr. 56.



Figuur 5. Kostbaar antiek icoon (*De voorspraak*) uit Kiev, Oekraïne waarvan het hout met ¹⁴C is gedateerd op circa 1000 na Christus. Foto: National Art Museum Of Ukraine.