



Radiocarbon Dating of Single Compounds

isolated from pottery cooking vessel residues

Dipl.-Ing. F. Axel Berger

Institut für Ur- und Frühgeschichte
Universität zu Köln

Molekulare Archäologie
Sommersemester 2018
Dr. Stephanie Kusch



Gliederung

- ① Der Versuch
- ② Ist die Grenze erreicht?
- ③ Kann man damit etwas anfangen?
- ④ Résumé



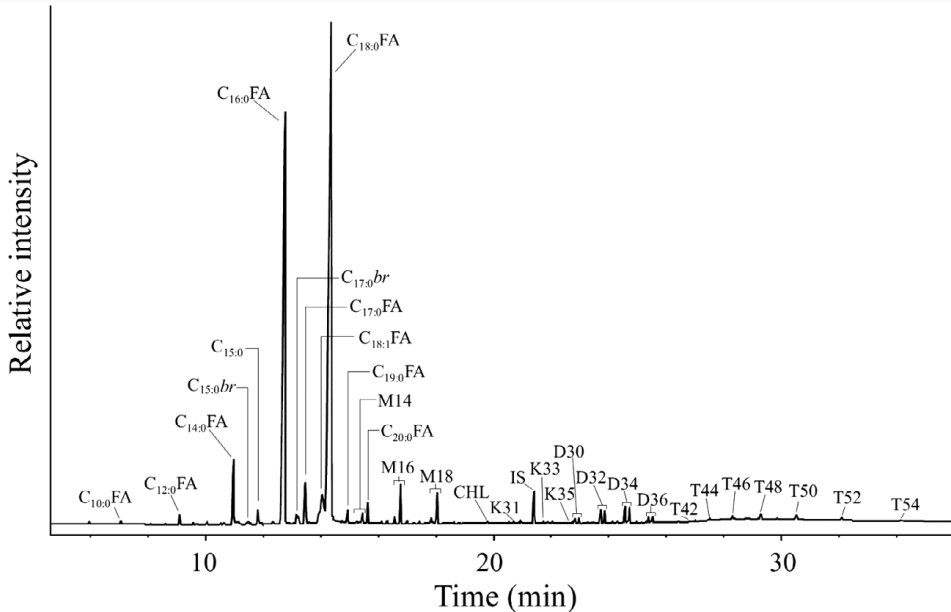
Extraktionsversuche aus Scherben vom Bohlenweg „Sweet Track“

Table 1. Potsherd information and organic residue concentration and composition. Key: FFA – free fatty acids; MAG – monoacylglycerols; DAG – diacylglycerols; TAG – triacylglycerols; ALC – *n*-alcohols; HFA – *ω*-hydroxy fatty acids; K – mid-chain ketones; CHL – cholesterol; PST – plant sterols; tr – trace; nd – not detected; * from vessel SLP SWR E3; ** from vessel SLP SWR P80.

Laboratory number	Sample code	Lipid concentration ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Major lipid components	Lipid residue origin(s)
SW1	130/1986/2453 (SWD 1299)	13806	FFA, MAG, DAG, K	Ruminant adipose/carcass fat
SW2	130/1986/2452 (SWC 124)	4900	FFA, MAG, DAG, TAG, K, CHL	Ruminant dairy fat
SW3*	130/1986/2432 (SWR E3)	tr	FFA	Unknown
SW4	130/1986/2465 (SWR P1)	nd	nd	nd
SW5**	130/1986/2466 (SWR P80)	tr	tr	Unknown
SW6	130/1986/2433 ([SW] G1)	62	FFA (tr), K	Animal fat?
SW7*	130/1986/2432 (SWR E3)	348	FFA, K	Unknown
SW8	130/1986/2464 ([SW] E3 VII/VIII)	665	FFA, MAG, DAG, TAG	Ruminant dairy fat
SW9*	130/1986/2432 (SWR E3)	280	FFA, K	Unknown + minor plant contribution
SW10**	130/1986/2466 (SWR P80)	1070	FFA, PST, ALC, HFA	Plant contribution
SW11	130/1986/2435 (SW H3)	332	FFA, PST, ALC, HFA	Plant contribution
SW12*	130/1986/2432 (SWR E3)	423	FFA, K	Unknown + minor plant contribution
SW13	130/1986/2434 (SW E9)	327	FFA	Unknown + minor plant contribution



Lipidextrakt aus der Scherbe SW 2: Palmitinsäure & Stearinsäure





Fünfzehn Scherben aus 4 000 Jahren

Table 1 C_{18:0} for LH column, C_{16:0} for RH column, and where designated as *, C_{18:1}

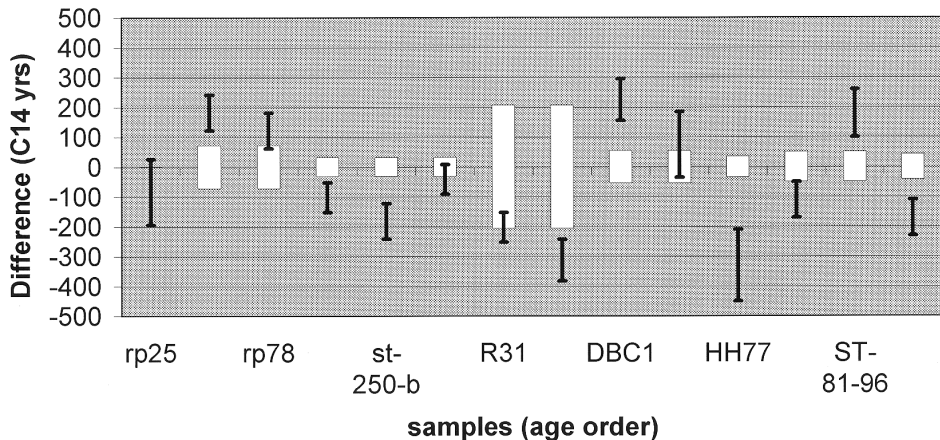
Sherd ^a	Wt C (μg)	Date	Error	Sherd	Wt C (μg)	Date	Error
rp25	293	720	60	rp22	29	500	150
				rp25	270	1230	60
				*rp25	245	740	60
rp73	371	1060	50				
rp78	416	1000	60	rp78	79	850	50
				*rp78	157	760	60
st-250-a	489	1700	50	st-250-a	614	1500	50
st-250-b	871	1620	40	st-250-b	552	1400	60
st-250-c	615	1760	50	st-250-c	558	1530	70
R31	326	4300	110				
R5-9	769	4190	70	R5-9	599	4220	70
				*R5-9	204	4100	110
DBC1	242	4730	80	DBC1	104	4020	110
DBC-E	280	4580	130				
HH77	350	4540	80				
ST-81-938	365	4550	90	ST-81-938	442	4280	60
ST-81-96	794	4840	60	ST-81-96	511	4780	60
Sw Trk 2	1081	4860	60	Sw Trk 2	504	4790	60

^aSites: rp = West Cotton; st = Stanwick; R = Yarnton; DBC = Eton Rowing Lake; HH and ST = Hambledon Hill;
Sw Trk = Sweet Track



Es funktioniert!

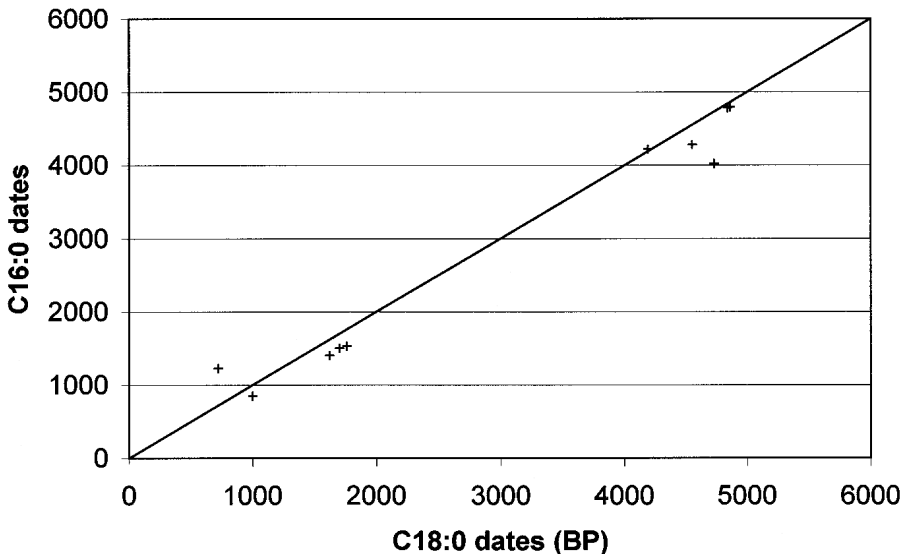
Measured / expected C14 values (C18:0)





Aber nicht ganz

C18:0 and C16:0 radiocarbon dates compared





Sind 100 μg viel oder wenig?

a) Wie viel habe ich?

	$100 * 10^{-6} \text{ g}$	g	Kohlenstoff
/	12 g/Mol	Mol	(Atomgewicht)
*	$6 * 10^{23} \text{ Atome/Mol}$	Atome	C gesamt
*	$1 * 10^{-12}$	Atome	Anteil ^{14}C
=	5 000 000 Atome		Radiokohlenstoff



Sind 100 μg viel oder wenig?

a) Wie viel habe ich?

	$100 * 10^{-6} \text{ g}$	g	Kohlenstoff
/	12 g/Mol	Mol	(Atomgewicht)
*	$6 * 10^{23} \text{ Atome/Mol}$	Atome	C gesamt
*	$1 * 10^{-12}$	Atome	Anteil ^{14}C
=	5 000 000 Atome		Radiokohlenstoff



Sind 100 µg viel oder wenig?

a) Wie viel habe ich?

	$100 * 10^{-6} \text{ g}$	g	Kohlenstoff
/	12 g/Mol	Mol	(Atomgewicht)
*	$6 * 10^{23} \text{ Atome/Mol}$	Atome	C gesamt
*	$1 * 10^{-12}$	Atome	Anteil ^{14}C
=	$5\,000\,000 \text{ Atome}$		Radiokohlenstoff



Sind 100 µg viel oder wenig?

a) Wie viel habe ich?

	$100 * 10^{-6} \text{ g}$	g	Kohlenstoff
/	12 g/Mol	Mol	(Atomgewicht)
*	$6 * 10^{23} \text{ Atome/Mol}$	Atome	C gesamt
*	$1 * 10^{-12}$	Atome	Anteil ^{14}C
=	5 000 000 Atome		Radiokohlenstoff



Sind 100 μg viel oder wenig?

a) Wie viel habe ich?

	$100 * 10^{-6} \text{ g}$	g	Kohlenstoff
/	12 g/Mol	Mol	(Atomgewicht)
*	$6 * 10^{23} \text{ Atome/Mol}$	Atome	C gesamt
*	$1 * 10^{-12}$	Atome	Anteil ^{14}C
=	$5\,000\,000 \text{ Atome}$		Radiokohlenstoff



Sind 100 µg viel oder wenig?

b) Wie viel brauche ich?

- Gewünschte Genauigkeit: ± 10 a
- Das ist $1/573$ Halbwertszeit.
- $(1 + x)^{573} = 2$
- $\sqrt[573]{2} = 1.0012$
- Um einen Unterschied von 1.2 ‰ zu erkennen, müssen mindestens 1 000 Atome gezählt werden. In der Praxis brauchen wir das Hundertfache.



Sind 100 µg viel oder wenig?

b) Wie viel brauche ich?

- Gewünschte Genauigkeit: ± 10 a
- Das ist $1/573$ Halbwertszeit.
- $(1 + x)^{573} = 2$
- $\sqrt[573]{2} = 1.0012$
- Um einen Unterschied von 1.2 ‰ zu erkennen, müssen mindestens 1 000 Atome gezählt werden. In der Praxis brauchen wir das Hundertfache.



Sind 100 μg viel oder wenig?

b) Wie viel brauche ich?

- Gewünschte Genauigkeit: ± 10 a
- Das ist $1/573$ Halbwertszeit.
- $(1 + x)^{573} = 2$
- $\sqrt[573]{2} = 1.0012$
- Um einen Unterschied von 1.2 ‰ zu erkennen, müssen mindestens 1 000 Atome gezählt werden. In der Praxis brauchen wir das Hundertfache.



Sind 100 µg viel oder wenig?

b) Wie viel brauche ich?

- Gewünschte Genauigkeit: ± 10 a
- Das ist $1/573$ Halbwertszeit.
- $(1 + x)^{573} = 2$
- $\sqrt[573]{2} = 1.0012$
- Um einen Unterschied von 1.2 ‰ zu erkennen, müssen mindestens 1 000 Atome gezählt werden. In der Praxis brauchen wir das Hundertfache.



Sind 100 µg viel oder wenig?

b) Wie viel brauche ich?

- Gewünschte Genauigkeit: ± 10 a
- Das ist $1/573$ Halbwertszeit.
- $(1 + x)^{573} = 2$
- $\sqrt[573]{2} = 1.0012$
- Um einen Unterschied von 1.2 ‰ zu erkennen, müssen mindestens 1 000 Atome gezählt werden. In der Praxis brauchen wir das Hundertfache.



Sind 100 µg viel oder wenig?

Ergebnis

vorhanden	benötigt
5 000 000	100 000
50	: 1

Die Untergrenze ist nicht ganz erreicht,
aber die Reserve wird knapp.



Die Grenzen der Aufbereitung

Verunreinigung der Probe mit „modernem“ Kohlenstoff:

bis zu $4\mu\text{g C}$

Verunreinigung der Probe mit „totem“ Kohlenstoff:

bis zu $5\mu\text{g C}$

Gerechnete Korrektur:

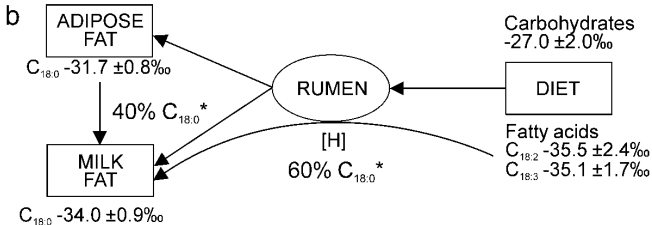
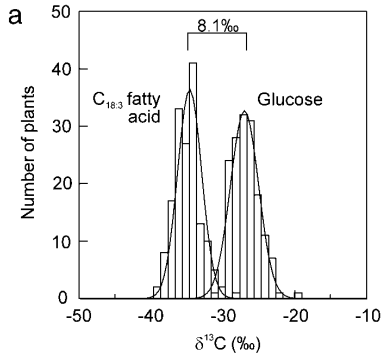
$2.9 \pm 0.3 \mu\text{g}$ moderner Kohlenstoff

Resultierende Mindestgröße der Probe:

$200\mu\text{g}$ für einen Fehler von ± 50 Jahren

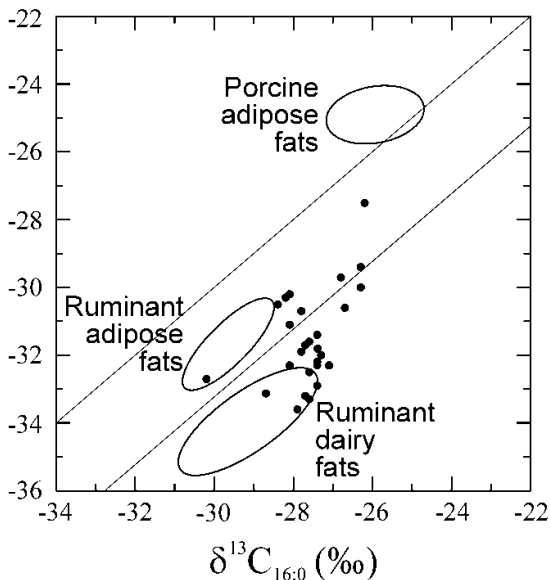


Wie alt sind isotopisch untersuchte Fettsäuren?





Hambledon Hill, Dorset, U.K., ca. 3 500 BC





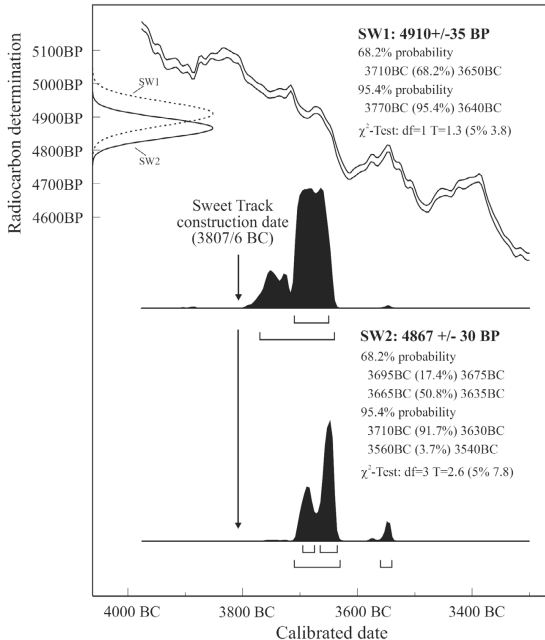
Die Ergebnisse vom „Sweet Track“

Table 2. Radiocarbon dates of individual fatty acids from potsherds SW1 and SW2. The associated timbers used to make the Sweet Track were dated between the winter of **3807/6 BC** and the spring of **3806 BC** by dendrochronology.

Sample/ fatty acid	¹⁴ C lab. number	Combusted yield (μg C)	% Modern ¹⁴ C	Radiocarbon age (BP)	Calibrated calendar dates (BC)	
					1σ	2σ
SW1 (C _{16:0})	OxA-V-1045-17	883	54.0 +/- 0.35	4950 +/- 50	3780 -3660	3940-3640
SW1 (C _{18:0})	OxA-V-1045-18	996	54.5 +/- 0.35	4870 +/- 50	3710 -3540	3780 -3520
SW2 (C _{16:0})	OxA-X-850-13	~ 400	55.1 +/- 0.4	4790 +/- 60	3650 -3510	3670 -3370
SW2 (C _{16:0})	OxA-V-1045-19	1026	54.3 +/- 0.35	4910 +/- 50	3760 -3640	3800-3530
SW2 (C _{18:0})	OxA-X-850-14	1140	54.6 +/- 0.4	4860 +/- 60	3710 -3530	3780 -3510
SW2 (C _{18:0})	OxA-V-1046-5	614	54.3 +/- 0.5	4900 +/- 80	3780 -3630	3940-3520



Brauchbar oder nicht?





Résumé

- Fettsäurenreste in Tonscherben lassen sich datieren und sind so alt wie die Scherbe selbst.
- Mit heutigen Aufbereitungsmethoden ist die theoretische Mengengrenze praktisch erreicht und eine weitere deutliche Steigerung der Empfindlichkeit nicht zu erwarten.
- Die Genauigkeitsanforderungen heutiger Fragestellungen können mit der Methode nicht erfüllt werden.



Handout und Literatur

Vielen Dank

Handout und Literatur liegen auf:
www.axel.berger-odenthal.de/work/Referat/



Literatur

- Be08 R. Berstan, A. W. Stott, S. Minnitt, C. Bronk Ramsey, R. E. M. Hedges & R. P. Evershed,
Direct dating of pottery from its organic residues, New precision using compound-specific carbon isotopes.
Antiquity 82 (2008), 702–713.
- Co03 M. S. Copley, R. Berstan, S. N. Dudd, G. Docherty, A. J. Mukherjee, V. Straker, S. Payne, & R. P. Evershed,
Direct chemical evidence for widespread dairying in prehistoric Britain.
PNAS 100 (2003), 1524–1529.
- Ev02 Richard P. Evershed et al.,
Chemistry of Archaeological Animal Fats.
Accounts Chemical Research 35 (2002), 660–668.
- St01 A. W. Stott, R. Berstan, P. Evershed, R. E. M. Hedges, C. Bronk Ramsey & M. J. Humm,
Radiocarbon Dating of Single Compounds Isolated from Pottery Cooking Vessel Residues.
Radiocarbon 43 (2001), 191–197.