Auxiliary Material for

Exceptional Agulhas leakage prolonged interglacial warmth during MIS 11c in Europe

Andreas Koutsodendris, Jörg Pross

Paleoenvironmental Dynamics Group, Institute of Earth Sciences, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

Rainer Zahn

Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA), Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain

Paleoceanography, 2014

Introduction

The auxiliary material comprises 2 tables, 1 figure and supplementary references. It contains the original pollen and diatoms datasets from the Dethlingen paleolake that are discussed in the main text, and it provides the biostratigraphic correlation of Holsteinian pollen records from Central Europe.

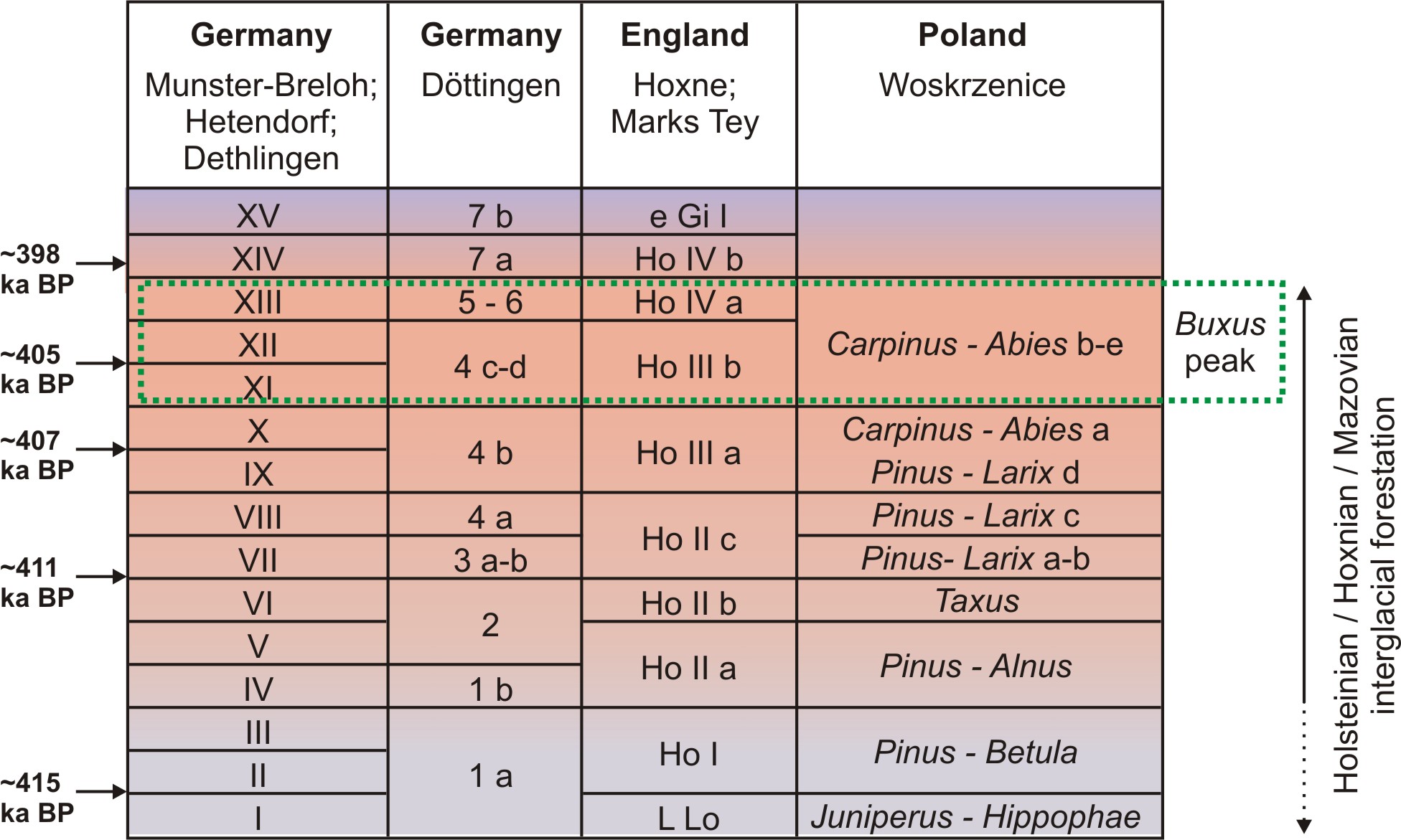
**Table S1:** Total tree pollen and *Buxus* percentages from the Dethlingen paleolake [*Koutsodendris et al.*, 2010].

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Age (kyrs)** | **Core depth (m)** | **Tree pollen (%)** | ***Buxus* (%)** |
| 397,07 | 23,03 | 67,05 | 0,00 |
| 397,75 | 23,18 | 65,04 | 0,00 |
| 397,97 | 23,23 | 69,82 | 0,32 |
| 398,20 | 23,28 | 70,90 | 0,00 |
| 398,42 | 23,33 | 68,45 | 0,00 |
| 398,65 | 23,38 | 72,05 | 0,00 |
| 398,82 | 23,43 | 89,40 | 0,82 |
| 398,95 | 23,48 | 81,18 | 0,00 |
| 399,08 | 23,53 | 84,92 | 0,57 |
| 399,21 | 23,58 | 86,46 | 0,00 |
| 399,34 | 23,63 | 87,99 | 0,27 |
| 399,47 | 23,68 | 84,62 | 0,57 |
| 399,59 | 23,73 | 88,51 | 0,56 |
| 399,72 | 23,78 | 87,46 | 0,76 |
| 399,85 | 23,83 | 88,85 | 0,21 |
| 399,98 | 23,88 | 88,67 | 0,77 |
| 400,10 | 23,93 | 88,42 | 0,45 |
| 400,22 | 23,98 | 91,64 | 1,24 |
| 400,34 | 24,03 | 89,34 | 0,63 |
| 400,46 | 24,08 | 82,74 | 0,31 |
| 400,59 | 24,13 | 86,55 | 0,25 |
| 400,71 | 24,18 | 89,27 | 0,30 |
| 400,83 | 24,23 | 86,68 | 0,23 |
| 400,95 | 24,28 | 85,10 | 0,63 |
| 401,07 | 24,33 | 89,79 | 0,26 |
| 401,20 | 24,38 | 87,52 | 0,31 |
| 401,32 | 24,43 | 86,79 | 0,00 |
| 401,44 | 24,48 | 86,03 | 0,00 |
| 401,56 | 24,53 | 88,94 | 0,00 |
| 401,68 | 24,58 | 87,76 | 0,15 |
| 401,81 | 24,63 | 90,59 | 0,30 |
| 401,93 | 24,68 | 88,46 | 0,28 |
| 402,05 | 24,73 | 89,12 | 0,00 |
| 402,17 | 24,78 | 86,54 | 0,28 |
| 402,29 | 24,83 | 88,81 | 0,25 |
| 402,42 | 24,88 | 92,28 | 0,00 |
| 402,54 | 24,93 | 93,27 | 0,00 |
| 402,66 | 24,98 | 89,68 | 0,00 |
| 402,78 | 25,03 | 89,30 | 0,00 |
| 402,90 | 25,08 | 90,28 | 0,21 |
| 403,03 | 25,13 | 88,89 | 0,45 |
| 403,15 | 25,18 | 92,27 | 0,23 |
| 403,27 | 25,23 | 89,64 | 0,31 |
| 403,39 | 25,28 | 90,62 | 0,00 |
| 403,51 | 25,33 | 87,00 | 0,26 |
| 403,64 | 25,38 | 88,49 | 0,00 |
| 403,76 | 25,43 | 91,41 | 0,15 |
| 403,88 | 25,48 | 90,55 | 0,00 |
| 404,00 | 25,53 | 89,57 | 0,25 |
| 404,12 | 25,58 | 87,42 | 0,31 |
| 404,25 | 25,63 | 88,81 | 0,27 |
| 404,37 | 25,68 | 87,96 | 0,00 |
| 404,49 | 25,73 | 91,05 | 0,00 |
| 404,61 | 25,78 | 89,15 | 0,31 |
| 404,66 | 25,8 | 89,11 | 0,00 |
| 404,70 | 25,82 | 87,77 | 0,00 |
| 404,72 | 25,83 | 88,55 | 0,00 |
| 404,73 | 25,84 | 84,69 | 0,00 |
| 404,74 | 25,86 | 86,91 | 0,00 |
| 404,77 | 25,88 | 89,90 | 0,00 |
| 404,79 | 25,9 | 84,76 | 0,00 |
| 404,81 | 25,92 | 85,97 | 0,24 |
| 404,82 | 25,93 | 86,93 | 0,00 |
| 404,85 | 25,94 | 86,83 | 0,19 |
| 404,87 | 25,96 | 89,77 | 0,00 |
| 404,89 | 25,98 | 87,60 | 0,00 |
| 404,92 | 26 | 88,92 | 0,18 |
| 404,94 | 26,02 | 89,40 | 0,00 |
| 404,95 | 26,03 | 89,87 | 0,00 |
| 404,96 | 26,04 | 85,21 | 0,00 |
| 404,99 | 26,06 | 86,27 | 0,00 |
| 405,01 | 26,08 | 94,73 | 0,00 |
| 405,06 | 26,12 | 86,52 | 0,24 |
| 405,07 | 26,13 | 89,77 | 0,00 |
| 405,13 | 26,18 | 91,95 | 0,24 |
| 405,20 | 26,23 | 92,92 | 0,26 |
| 405,27 | 26,28 | 96,10 | 0,00 |
| 405,34 | 26,33 | 89,41 | 0,00 |
| 405,41 | 26,38 | 90,93 | 0,00 |
| 405,48 | 26,43 | 91,92 | 0,00 |
| 405,55 | 26,48 | 90,11 | 0,00 |
| 405,62 | 26,53 | 92,31 | 0,00 |
| 405,69 | 26,58 | 90,13 | 0,00 |
| 405,76 | 26,63 | 91,04 | 0,00 |
| 405,83 | 26,68 | 92,79 | 0,27 |
| 405,90 | 26,73 | 90,91 | 0,00 |
| 405,97 | 26,78 | 92,50 | 0,00 |
| 406,03 | 26,83 | 91,64 | 0,00 |
| 406,10 | 26,88 | 92,38 | 0,00 |
| 406,17 | 26,93 | 92,00 | 0,00 |
| 406,24 | 26,98 | 91,32 | 0,00 |
| 406,31 | 27,03 | 93,13 | 0,00 |
| 406,38 | 27,08 | 91,54 | 0,00 |
| 406,45 | 27,13 | 91,99 | 0,00 |
| 406,52 | 27,18 | 92,04 | 0,00 |
| 406,59 | 27,23 | 91,21 | 0,00 |
| 406,66 | 27,28 | 92,14 | 0,00 |
| 406,72 | 27,33 | 92,46 | 0,00 |
| 406,76 | 27,38 | 94,46 | 0,00 |
| 406,81 | 27,43 | 92,04 | 0,00 |
| 406,85 | 27,48 | 94,70 | 0,00 |
| 406,89 | 27,53 | 93,87 | 0,00 |
| 406,94 | 27,58 | 94,28 | 0,00 |
| 406,98 | 27,63 | 92,26 | 0,00 |
| 407,03 | 27,68 | 95,43 | 0,00 |
| 407,07 | 27,73 | 93,85 | 0,00 |
| 407,11 | 27,78 | 92,82 | 0,00 |
| 407,16 | 27,83 | 94,36 | 0,00 |
| 407,20 | 27,88 | 92,84 | 0,00 |
| 407,25 | 27,93 | 95,64 | 0,00 |
| 407,28 | 27,98 | 93,74 | 0,00 |
| 407,31 | 28,03 | 94,31 | 0,00 |
| 407,34 | 28,08 | 93,34 | 0,00 |
| 407,37 | 28,13 | 94,50 | 0,22 |
| 407,41 | 28,18 | 92,27 | 0,00 |
| 407,43 | 28,23 | 94,37 | 0,00 |
| 407,46 | 28,28 | 93,14 | 0,00 |
| 407,49 | 28,33 | 93,50 | 0,00 |
| 407,51 | 28,38 | 95,32 | 0,00 |
| 407,54 | 28,43 | 94,97 | 0,00 |
| 407,57 | 28,48 | 96,24 | 0,00 |
| 407,60 | 28,53 | 93,79 | 0,00 |
| 407,64 | 28,58 | 95,38 | 0,00 |
| 407,67 | 28,63 | 94,16 | 0,00 |
| 407,70 | 28,68 | 93,56 | 0,00 |
| 407,72 | 28,73 | 93,08 | 0,00 |
| 407,73 | 28,75 | 92,13 | 0,00 |
| 407,76 | 28,81 | 92,10 | 0,00 |
| 407,77 | 28,83 | 92,46 | 0,00 |
| 407,78 | 28,85 | 93,00 | 0,00 |
| 407,79 | 28,87 | 93,40 | 0,00 |
| 407,80 | 28,89 | 92,63 | 0,00 |
| 407,81 | 28,91 | 91,78 | 0,00 |
| 407,82 | 28,93 | 89,87 | 0,00 |
| 407,83 | 28,95 | 93,34 | 0,00 |
| 407,84 | 28,97 | 92,95 | 0,00 |
| 407,85 | 28,99 | 92,43 | 0,00 |
| 407,86 | 29,01 | 87,91 | 0,00 |
| 407,87 | 29,03 | 89,80 | 0,00 |
| 407,88 | 29,05 | 95,80 | 0,00 |
| 407,89 | 29,07 | 94,77 | 0,00 |
| 407,90 | 29,09 | 94,29 | 0,00 |
| 407,91 | 29,11 | 93,25 | 0,00 |
| 407,93 | 29,13 | 93,28 | 0,00 |
| 407,94 | 29,15 | 94,26 | 0,00 |
| 407,95 | 29,17 | 93,51 | 0,00 |
| 407,97 | 29,21 | 92,39 | 0,00 |
| 407,99 | 29,25 | 90,81 | 0,00 |
| 408,01 | 29,29 | 94,98 | 0,00 |
| 408,05 | 29,37 | 93,30 | 0,00 |
| 408,09 | 29,45 | 95,44 | 0,00 |
| 408,14 | 29,53 | 96,53 | 0,00 |
| 408,18 | 29,61 | 97,29 | 0,00 |
| 408,23 | 29,69 | 95,83 | 0,00 |
| 408,26 | 29,77 | 95,45 | 0,00 |
| 408,31 | 29,85 | 95,88 | 0,00 |
| 408,36 | 29,93 | 95,17 | 0,00 |
| 408,42 | 30,01 | 95,30 | 0,00 |
| 408,47 | 30,09 | 94,48 | 0,00 |
| 408,52 | 30,17 | 95,22 | 0,00 |
| 408,56 | 30,25 | 95,57 | 0,00 |
| 408,61 | 30,33 | 95,43 | 0,00 |
| 408,65 | 30,41 | 94,67 | 0,00 |
| 408,69 | 30,49 | 94,36 | 0,00 |
| 408,72 | 30,57 | 96,12 | 0,00 |
| 408,76 | 30,65 | 97,29 | 0,00 |
| 408,81 | 30,73 | 95,91 | 0,00 |
| 408,86 | 30,81 | 96,11 | 0,00 |
| 408,93 | 30,89 | 94,46 | 0,00 |
| 408,99 | 30,97 | 96,45 | 0,00 |
| 409,05 | 31,05 | 96,43 | 0,00 |
| 409,11 | 31,13 | 95,47 | 0,00 |
| 409,16 | 31,21 | 96,01 | 0,00 |
| 409,21 | 31,29 | 94,59 | 0,00 |
| 409,25 | 31,37 | 94,64 | 0,00 |
| 409,29 | 31,45 | 95,68 | 0,00 |
| 409,33 | 31,53 | 95,92 | 0,00 |
| 409,38 | 31,61 | 98,37 | 0,00 |
| 409,44 | 31,69 | 96,19 | 0,00 |
| 409,49 | 31,77 | 96,51 | 0,00 |
| 409,55 | 31,85 | 96,28 | 0,00 |
| 409,61 | 31,95 | 96,09 | 0,00 |
| 409,68 | 32,05 | 94,94 | 0,00 |
| 409,75 | 32,15 | 95,74 | 0,00 |
| 409,79 | 32,25 | 96,05 | 0,00 |
| 409,85 | 32,35 | 96,78 | 0,00 |
| 409,91 | 32,45 | 96,39 | 0,00 |
| 409,97 | 32,55 | 95,68 | 0,00 |
| 410,03 | 32,65 | 94,73 | 0,00 |
| 410,09 | 32,75 | 93,37 | 0,00 |
| 410,14 | 32,85 | 96,04 | 0,00 |
| 410,17 | 32,95 | 94,86 | 0,00 |
| 410,22 | 33,05 | 95,96 | 0,00 |
| 410,27 | 33,15 | 96,46 | 0,00 |
| 410,31 | 33,25 | 94,81 | 0,00 |
| 410,36 | 33,35 | 96,30 | 0,00 |
| 410,41 | 33,45 | 95,72 | 0,00 |
| 410,45 | 33,55 | 95,13 | 0,00 |
| 410,49 | 33,65 | 96,00 | 0,00 |

**Table S2:** Percentages of the diatom *Aulacoseira ambigua* from the Dethlingen paleolake [*Koutsodendris et al*., 2013].

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Age (kyrs)** | **Core depth (m)** | ***Aulacoseira ambigua* (%)** |
| 397,75 | 23,18 | 0,00 |
| 398,20 | 23,28 | 0,85 |
| 398,65 | 23,38 | 0,25 |
| 398,95 | 23,48 | 1,47 |
| 399,21 | 23,58 | 22,75 |
| 399,47 | 23,68 | 9,83 |
| 399,72 | 23,78 | 5,12 |
| 399,98 | 23,88 | 18,26 |
| 400,22 | 23,98 | 14,99 |
| 400,46 | 24,08 | 29,48 |
| 400,71 | 24,18 | 24,15 |
| 400,95 | 24,28 | 16,33 |
| 401,20 | 24,38 | 29,02 |
| 401,44 | 24,48 | 26,00 |
| 401,68 | 24,58 | 19,88 |
| 401,93 | 24,68 | 26,39 |
| 402,17 | 24,78 | 10,24 |
| 402,42 | 24,88 | 19,82 |
| 402,66 | 24,98 | 30,77 |
| 402,90 | 25,08 | 25,00 |
| 403,15 | 25,18 | 10,61 |
| 403,39 | 25,28 | 4,79 |
| 403,64 | 25,38 | 5,20 |
| 403,88 | 25,48 | 2,28 |
| 404,12 | 25,58 | 7,89 |
| 404,37 | 25,68 | 5,57 |
| 404,61 | 25,78 | 1,04 |
| 404,66 | 25,80 | 1,48 |
| 404,70 | 25,82 | 0,30 |
| 404,73 | 25,84 | 1,21 |
| 404,74 | 25,86 | 0,58 |
| 404,77 | 25,88 | 1,78 |
| 404,79 | 25,90 | 1,52 |
| 404,81 | 25,92 | 2,84 |
| 404,85 | 25,94 | 1,84 |
| 404,87 | 25,96 | 2,44 |
| 404,89 | 25,98 | 7,89 |
| 404,92 | 26,00 | 11,94 |
| 404,94 | 26,02 | 4,69 |
| 404,96 | 26,04 | 2,42 |
| 404,99 | 26,06 | 6,21 |
| 405,01 | 26,08 | 1,83 |
| 405,06 | 26,12 | 3,36 |
| 405,14 | 26,20 | 1,54 |
| 405,20 | 26,23 | 4,59 |
| 405,27 | 26,28 | 5,94 |
| 405,34 | 26,33 | 1,63 |
| 405,48 | 26,43 | 1,78 |
| 405,62 | 26,53 | 2,03 |
| 405,76 | 26,63 | 4,56 |
| 405,90 | 26,73 | 4,81 |
| 406,03 | 26,83 | 2,35 |
| 406,17 | 26,93 | 3,23 |
| 406,31 | 27,03 | 1,12 |
| 406,45 | 27,13 | 0,00 |
| 406,59 | 27,23 | 0,60 |
| 406,72 | 27,33 | 0,00 |
| 406,81 | 27,43 | 0,88 |
| 406,89 | 27,53 | 4,76 |
| 406,98 | 27,63 | 6,55 |
| 407,07 | 27,73 | 1,12 |
| 407,16 | 27,83 | 2,53 |
| 407,25 | 27,93 | 2,33 |
| 407,31 | 28,03 | 1,20 |
| 407,37 | 28,13 | 4,56 |
| 407,43 | 28,23 | 1,73 |
| 407,49 | 28,33 | 5,07 |
| 407,54 | 28,43 | 0,88 |
| 407,60 | 28,53 | 2,33 |
| 407,67 | 28,63 | 6,00 |
| 407,72 | 28,73 | 6,23 |
| 407,76 | 28,81 | 9,82 |
| 407,77 | 28,83 | 4,47 |
| 407,78 | 28,85 | 1,14 |
| 407,79 | 28,87 | 8,43 |
| 407,80 | 28,89 | 4,55 |
| 407,81 | 28,91 | 2,17 |
| 407,82 | 28,93 | 3,39 |
| 407,83 | 28,95 | 1,40 |
| 407,84 | 28,97 | 2,00 |
| 407,85 | 28,99 | 1,71 |
| 407,86 | 29,01 | 2,92 |
| 407,87 | 29,03 | 2,82 |
| 407,88 | 29,05 | 4,52 |
| 407,89 | 29,07 | 4,21 |
| 407,90 | 29,09 | 6,44 |
| 407,91 | 29,11 | 1,04 |
| 407,93 | 29,13 | 3,94 |
| 407,94 | 29,15 | 3,01 |
| 408,00 | 29,27 | 3,01 |
| 408,06 | 29,40 | 5,57 |
| 408,13 | 29,52 | 0,00 |
| 408,20 | 29,65 | 4,91 |
| 408,26 | 29,77 | 1,22 |
| 408,31 | 29,85 | 0,30 |
| 408,42 | 30,02 | 3,49 |
| 408,50 | 30,15 | 0,00 |
| 408,57 | 30,27 | 0,00 |
| 408,64 | 30,40 | 0,00 |
| 408,69 | 30,52 | 0,00 |
| 408,76 | 30,65 | 0,31 |
| 408,83 | 30,77 | 0,00 |
| 408,93 | 30,90 | 0,00 |
| 409,02 | 31,02 | 0,00 |
| 409,12 | 31,15 | 0,58 |
| 409,20 | 31,27 | 0,00 |
| 409,26 | 31,40 | 0,00 |
| 409,33 | 31,52 | 0,59 |
| 409,41 | 31,65 | 0,58 |
| 409,49 | 31,77 | 0,00 |
| 409,57 | 31,90 | 0,00 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 409,66 | 32,02 | 0,00 |
| 409,74 | 32,15 | 0,30 |
| 409,80 | 32,27 | 0,00 |
| 409,88 | 32,40 | 0,85 |
| 409,95 | 32,52 | 0,85 |
| 410,03 | 32,65 | 0,00 |
| 410,10 | 32,77 | 0,00 |
| 410,15 | 32,90 | 0,00 |
| 410,20 | 33,02 | 0,00 |
| 410,26 | 33,15 | 0,31 |
| 410,32 | 33,27 | 0,00 |
| 410,38 | 33,40 | 0,00 |
| 410,44 | 33,52 | 0,60 |
| 410,49 | 33,65 | 0,00 |
|  |  |  |

**

**Figure S1:** Palynostratigraphic correlation of Holsteinian records across Central Europe [for details on pollen zonation see *Turner*, 1970; *Geyh and Müller*, 2005, 2007; *Koutsodendris et al*., 2012]. For the timing of the individual pollen zones and the *Buxus* expansion refer to K*outsodendris et al*. [2010, 2012].

**References**

Geyh, M. A., and H. Müller (2005), Numerical 230Th/U dating and a palynological review of the Holsteinian/Hoxnian Interglacial, Quaternary Science Reviews, 24, 1861-1872, doi: 10.1016/j.quascirev.2005.01.007.

Geyh, M.A., and H. Müller (2007), Palynological and geochronological study of the Holsteinian/Hoxnian/Landos interglacial, inThe climate of the past interglacials, Developments in Quaternary Science, vol. 7, edited by Sirocko, F., M. Claussen, M. F. Sánchez Goñi, and T. Litt, pp. 387–396, Elsevier Amsterdam.

Koutsodendris, A., U. C. Müller, J. Pross, A. Brauer, U. Kotthoff, and A. F. Lotter (2010), Vegetation dynamics and climate variability during the Holsteinian interglacial based on a pollen record from Dethlingen (northern Germany), Quaternary Science Reviews, 29, 3298-3307, doi: 10.1016/j.quascirev.2010.07.024.

Koutsodendris, A., J. Pross, U. C. Müller, A. Brauer, W. J. Fletcher, N. Kühl, E. Kirilova, F. T. M. Verhagen, A. Lücke, and A. F. Lotter (2012), A short-term climate oscillation during the Holsteinian interglacial (MIS 11c): An analogy to the 8.2 ka climatic event?, Global and Planetary Change, 92/93, 224-235, doi: 10.1016/j.gloplacha.2012.05.011.

Koutsodendris, A., A. F. Lotter, E. Kirilova, F. T. M. Verhagen, A. Brauer, and J. Pross (2013), Evolution of a Holsteinian (MIS 11c) palaeolake based on a 12-ka-long diatom record from Dethlingen (northern Germany), Boreas, 42, 714-728, doi: 10.1111/bor.12001.

Turner, C. (1970), The Middle Pleistocene Deposits at Marks Tey, Essex, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological 257, 373-437.