

<b>Zeitschrift:</b>	Minaria Helvetica : Zeitschrift der Schweizerischen Gesellschaft für historische Bergbauforschung = bulletin de la Société suisse des mines = bollettino della Società svizzera di storia delle miniere
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Historische Bergbauforschung
<b>Band:</b>	- (2015)
<b>Heft:</b>	36: Prähistorischer Bergbau
<b>Artikel:</b>	Römische Kalkbrennereien im Vicus von Kempraten (Rapperswil-Jona SG)
<b>Autor:</b>	Ackermann, Regula / Koch, Pirmin
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1089804">https://doi.org/10.5169/seals-1089804</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

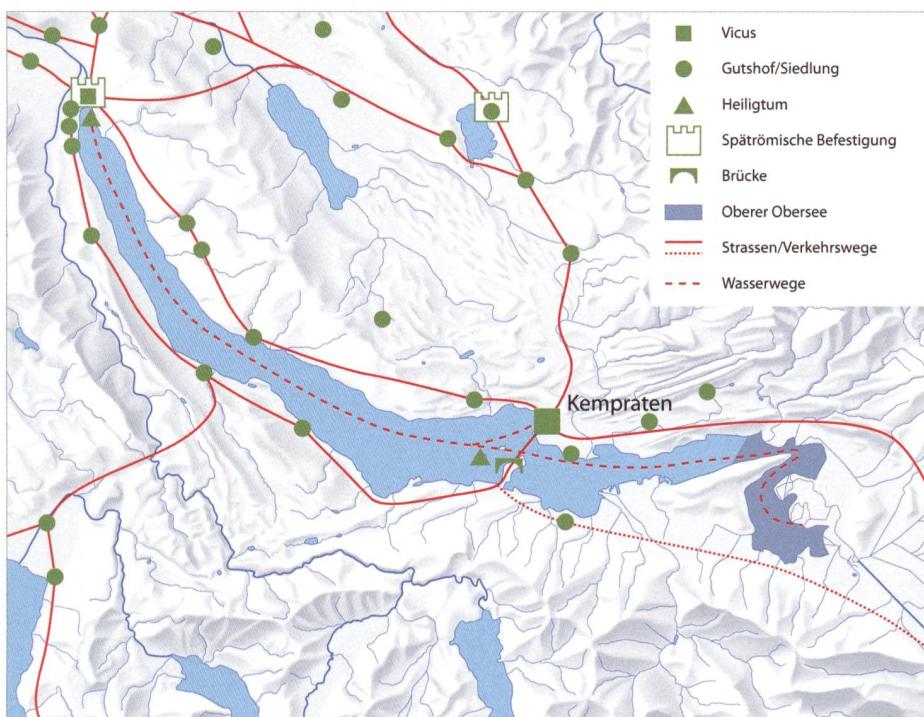


# Römische Kalkbrennereien im Vicus von Kempraten (Rapperswil-Jona SG)

Regula Ackermann und Pirmin Koch (Kantonsarchäologie St. Gallen)  
mit Beiträgen von Thomas Gubler und Hugo Mändli (magma ag) sowie Angela Schlumbaum  
(Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie IPNA, Universität Basel)

## Zusammenfassung

Am Rand des Vicus von Kempraten wurden 2009 bis 2015 fünf römische Kalköfen ausgegraben. Die beiden Öfen der Seewiese mit einzigartigem Grundriss werden hier erstmals ausführlich vorgestellt. Zusammen mit den Öfen der Zürcherstrasse 131 zeugen sie von einer intensiven Ausübung dieses Handwerks.



## 1 Einleitung

Der Ortsteil Kempraten liegt im nordwestlichen Bereich der heutigen Stadt Rapperswil-Jona SG, direkt am nördlichen Zürichseeufer. Die ideale topografische Lage an der Kreuzung von verschiedenen Land- und Wasserstrassen machte den Siedlungsstandort interessant, sodass hier um 40 n. Chr. eine römische Kleinstadt (Vicus) gegründet wurde (Fig. 1). Entlang der Strassenzüge errichtete man Holzgebäude, die mehrere Umbauphasen erlebten. Die Siedlung florierte rasch. Nach einem verheerenden Brand im Siedlungszenrum um 120 n. Chr. wurden hier die vormaligen Holzgebäude durch grosse

Fig. 1

Lage der römischen Siedlung von Kempraten sowie der umliegenden römischen Fundstellen und Verkehrswege. Der Obersee besass in römischer Zeit eine bedeutend grössere Ausdehnung. Bild: Kartengrundlage swisstopo, reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100120).



Steingebäude ersetzt, deren Architektur mit Innenhöfen sich an mediterranen Vorbildern orientierte (Fig. 2). Ein verhältnismässig monumental ausgestattetes Forum («Marktplatz») war das administrative, wirtschaftliche und politische Zentrum der Siedlung. Am nordwestlichen Siedlungsrand wurde im 2. Jh. n Chr. ein Tempelbezirk errichtet.<sup>1</sup> Unmittelbar südlich der Umfassungsmauer des Tempelbezirkes und in einer Distanz von nur rund 65m vom Zürichsee wurden in den Jahren 2009 und 2013 zwei grosse Kalköfen aus der Mitte des

1. Jh. n. Chr. ausgegraben, die einen einzigartigen Grundriss aufweisen und im vorliegenden Artikel erstmals ausführlich präsentiert werden. Basierend auf dem Ausgrabungsbefund und unter Bezug gut bekannter Vergleichsbeispiele werden Vorschläge zu ihrer Funktionsweise und Rekonstruktion erarbeitet. Zuletzt wird der Frage nach dem Verwendungszweck des in Kempraten gebrannten Kalkes und entsprechend nach der wirtschaftlichen Bedeutung des Gewerbes nachgegangen. So soll die Kempratener Kalkbrennerei in einen chronologischen,

**Fig. 2**

Rapperswil-Jona, Kempraten: Gesamtplan der römischen Steinbaustrukturen mit den Kalköfen am westlichen Siedlungsrand (Stand Sommer 2015). M. 1:4'000.

technologischen und wirtschaftlichen Kontext gesetzt werden.

Drei weitere Kalköfen wurden im Sommer 2015 in nur rund 170m Entfernung nordwestlich der ersten beiden freigelegt.<sup>2</sup> Diese Öfen lagen unmittelbar am See. Da die Ausgrabungen zum Zeitpunkt der Manuskriptabfassung noch nicht abgeschlossen waren, werden diese Öfen lediglich in einem Ausblick kurz gestreift.

Der Forschungsstand zu antiken (wie auch mittelalterlichen) Kalköfen kann nach wie vor als bescheiden bezeichnet werden. Dies liegt nicht zuletzt an ihrer Fundlage in meist abgelegenen Gegenden, welche nur unter geringem Baudruck stehen. Somit ist die Wahrscheinlichkeit kleiner, dass sie bei durch Bauvorhaben ausgelösten archäologischen Ausgrabungen entdeckt werden. Man kennt zwar inzwischen einige Kalköfen, diese sind jedoch häufig, wenn überhaupt, entlegen publiziert oder nehmen in grösseren Publikationen bloss einen marginalen Raum ein. Der Publikationsstand ist bis heute unübersichtlich geblieben und eine vertiefende Synthese zum römischen wie auch zum jüngeren Kalkhandwerk fehlt. Monographische Vorlagen zu mittelalterlichen und neuzeitlichen sowie römischen Kalköfen im Berner Jura und in der Ajoie erfolgten erst in jüngerster Zeit.<sup>3</sup> Eine grundlegende Zusammenstellung der antiken Kalköfen der Schweiz wurde schliesslich im Rahmen des Projektes CRAFTS erarbeitet und 2012 vorgelegt.<sup>4</sup> Darin wird auf ein Korpus von 75 Kalköfen zurückgegriffen, die mit einer gewissen Sicherheit in die römische Zeit datieren.

### 1.1 Geschichte des Kalkbrennens

Die Technik des Kalkbrennens ist im Nahen Osten schon seit Jahrtausenden bekannt.<sup>5</sup> Ursprünglich wurde gebrannter Kalk vor allem als Kleber für Gerätschaften (z.B. zum Schäften von

Werkzeugen) oder als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Objekten (v.a. Masken und Gefässe) verwendet. Seit dem frühesten Neolithikum fand er in Form von Kalktünchen bei Gebäuden oder zur Härtung von Fussböden Verwendung. In dieser Funktion sowie zur Härtung von Strassenoberflächen wurde er seit der jüngeren Eisenzeit auch in Mitteleuropa eingesetzt.<sup>6</sup> Ab dem 6. vorchristlichen Jahrhundert wurde im Mittelmeerraum der gelöschte Kalk mit Zuschlägen wie Sand und Kies zu einem Mörtel vermischt und zu diversen Bauzwecken verwendet. Der Durchbruch des Einsatzes von Kalkmörtel in der Baukunst erfolgte jedoch erst in der römischen Republik, im 3. Jh. v. Chr., mit der Erfindung des zweischaligen Mauerwerkes, des sog. *opus caementitium*. Dank des als Bindemittel eingesetzten Kalkmörtels konnten die Mauern mit kleinteiligen Bausteinen errichtet werden. Zusätzlich bedurfte der Bau eines zweischaligen Mauerwerkes weniger hoch spezialisierten Baupersonals und war deshalb effizienter. Außerdem ermöglichte der Einsatz von Kalkmörtel auch neue Bauformen wie gegossene Gewölbe. Gesichert ist nicht nur der Einsatz von an der Luft abbindendem Luftkalk, sondern auch von hydraulischem Kalk, der dank der Beigabe von Puzzolanen auch unter Wasser härtet. Dabei handelt es sich gemäss antiker Überlieferung in erster Linie um vulkanische Lockersedimente, die u.a. in der namengebenden Region von Pozzuoli I am Golf von Neapel vorkommen.<sup>7</sup> Anstelle natürlicher Sedimente rufen auch künstliche Puzzolane, z.B. Ziegelschrot, dieselben Effekte hervor.<sup>8</sup> Die Bauweise mit gemörtelten Steinmauern hielt nördlich der Alpen erst mit der römischen Eroberung Einzug. Die ältesten Gebäude in Steinbauweise in diesem Raum sind die drei Wachtürme am Ausfluss des Walensees, welche in der römischen Eroberungsphase um 30 v. Chr. errichtet

wurden.<sup>9</sup> Im Vicus von Kempraten setzte die Steinbauweise erst um 120 n. Chr. ein.<sup>10</sup> Die punktuelle Verwendung von Branntkalk für Mörtelböden (und Kalktünchen) ist jedoch bereits in den älteren Holzbauphasen nachgewiesen.

### 1.2 Vom Kalk zum Mörtel

Die Umwandlung vom natürlich anstehenden Kalkstein zu Brannt- und weiter zu Löschkalk beruht auf chemischen Prozessen, die durch die grosse Hitzeeinwirkung beim Brennen und danach durch das Beifügen von Wasser angestossen werden (Fig. 3).<sup>11</sup> Als Rohstoffe für die Kalkbrennerei eignen sich möglichst reine Kalksteine, welche nicht mehr als 20 % Tonanteile enthalten sollten.<sup>12</sup> Beim Brand im Kalkofen bei ca. 1000°C entsäuerter Kalkstein, welcher hauptsächlich aus Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) besteht. Bei der Entsäuerung wird  $\text{CO}_2$  freigesetzt, wodurch sich das Gewicht um mehr als 40 % reduziert. Zurück bleibt der Brannt- oder Stückkalk (Kalziumoxyd  $\text{CaO}$ ). Die Steine behalten ihre Form beim Brand weitgehend, erleiden aber einen leichten Volumenverlust. Entweder direkt bei der Kalkbrennerei oder erst auf der Baustelle muss der Kalk vor seiner Weiterverwendung gelöscht werden. Stückkalk, welcher dafür in Wasserbecken gegeben wird, zerfällt dabei zu einem pulvriegen Brei. Bei diesem Prozess wird Wasser eingelagert und starke Hitze freigesetzt. Es entsteht Löschkalk oder Portlandit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Erst der Löschkalk dient als Ausgangsstoff für verschiedene Verwendungszwecke auf Baustellen oder bei diversen anderen Arbeiten. Kommt der Löschkalk in Kontakt mit der Luft, so bindet er ab und härtet langsam aus. Dabei lagert er Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) ein, resp. setzt Wasser frei, und wandelt sich zurück zu Kalziumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), was chemisch dem Ausgangsmaterial, dem natürlichen Kalkstein, entspricht.

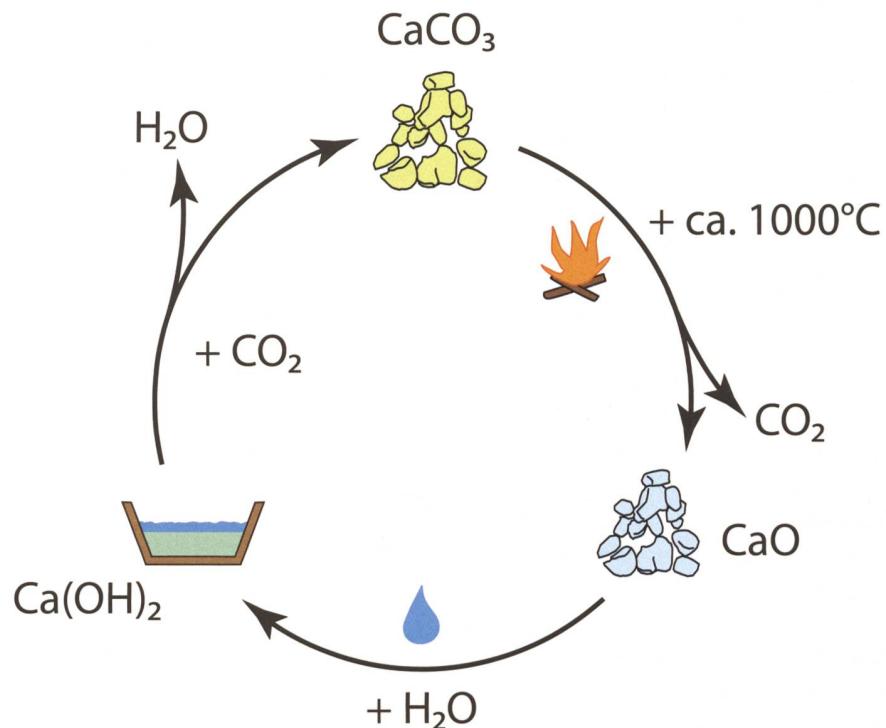
**Fig. 3**

Schematische Darstellung des Umwandlungszyklus vom Kalk zum Branntkalk und wieder zurück zum Kalk.

Da Branntkalk hydrophil ist und bereits mit der Luftfeuchtigkeit reagiert, kann er nur unter absolutem Luftausschluss über längere Zeit aufbewahrt werden. Der Löschkalk dagegen lässt sich, solange er mit einer ausreichenden Wasserschicht überdeckt ist, in Sumpfgruben über mehrere Jahre einlagern. Dieser Sumpfkalk gewinnt durch die lange Lagerung sogar an Qualität, indem sich schwerlösliche Teile mit der Zeit auflösen resp. unlösliche sich auf den Boden absetzen.

Das Brennen von magnesiumhaltigem Kalkstein und Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) erfordert chemisch kompliziertere Umsetzungsprozesse und ist insgesamt heikler.<sup>13</sup> Schon bei Temperaturen von 800°C zersetzt sich der Dolomit zu Kalzit und Magnesiumoxid ( $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgO}$ ) sowie Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ). Damit auch der Kalzit entsäuern kann, braucht es dennoch die höheren Temperaturen um 1000°C. Dabei läuft man aber Gefahr, dass das Magnesiumoxid schon sintert und ein hart gebranntes Produkt resultiert.

Die Analyse von römischem Baumörtel hat ergeben, dass dieser oft sog. Kalkspatzen enthält.<sup>14</sup> Diese zeigen, dass in römischer Zeit häufig trocken gelöschter Kalk anstelle von Sumpfkalk verwendet wurde. Dabei kommt, im Gegensatz zum Einsumpfen, nur wenig Wasser zum Einsatz.<sup>15</sup> Entweder wird der gebrannte Stückkalk in Körben kurz ins Wasser getaut oder aufgeschichtet und mit Wasser bespritzt. In der Folge zerfällt der Branntkalk zu einem trockenen Pulver mit einem Anteil an Klümpchen ungelöschten Kalkes, den sogenannten Kalkspatzen.<sup>16</sup> Das Pulver wird sogleich mit Mörtelzuschlag (Kies und Sand)



vermengt und kann direkt verwendet werden. Vorteilhaft wirkt sich dabei aus, dass der Mörtel durch die beim Löschen eintretende exotherme Reaktion noch warm verbaut werden kann. Zudem steht so der Baustoff Mörtel unmittelbar für Baumassnahmen zur Verfügung, ohne dass der Kalk zuerst über Jahre mühsam eingelagert werden müsste, was organisatorisch einen grossen Vorteil bildet. Kalkspatzen dürfen nicht etwa als mangelhaftes Qualitätsmerkmal des Mörtels gewertet werden, sondern haben im Gegenteil einen positiven Effekt. Sie verleihen dem Mörtel selbstheilende Eigenschaften, indem entlang von Rissen im Mauerwerk  $\text{CaO}$ , welches aus Kalkspatzen gelöst wird, als Kalzit austatkristallisiert. Trockengelöschter Kalk ist deshalb für Mauermörtel sehr gut geeignet, weniger aber für Verputze, da ungelöschte Branntkalkklümpchen bei einem oberflächennahen Auftrag zu Abplatzungen führen können.

### 1.3 Aufbau von Kalköfen

Am einfachsten lässt sich Branntkalk herstellen, indem man direkt auf dem Fels ein Feuer entzündet und danach den gebrannten Kalkstein abbaut.<sup>17</sup> Effektiver ist das Brennen in einem Ofen. Vor der Entwicklung der industriellen, kontinuierlich betriebenen Schachtöfen am Ende des 18. Jh. musste der Kalk darin chargenweise gebrannt werden. Grob lassen sich dabei zwei Arten von Öfen unterscheiden. In Grubenöfen wurden die Kalksteine direkt über dem Feuer aufgeschichtet.<sup>18</sup> Diese Öfen wiesen keine Öffnung zur Bedienung während des Brandes auf und das Brenngut war vom Brennstoff nicht getrennt.

In der Antike am verbreitetsten waren Feldöfen mit einer Einfeuerungsöffnung, der Schnauze. Obwohl bei diesen Öfen einzelne Details wie die Grösse, die Form oder das Baumaterial variieren, bestehen sie in der Regel aus folgenden Grund-

elementen (Fig. 25):<sup>19</sup> Während des Brandes wird der Ofen von der Küche aus bedient. Durch die Schnauze wird das Holz nachgelegt und die Asche aus dem Ofen gezogen. Manchmal ist die Schnauze über einen längeren Heizkanal mit dem Ofeninnern verbunden. Auf dem Boden in der Ofenmitte, im Feuerraum (Hölle), brennt das Feuer. Darüber liegt der Brennraum, dessen Wandung aus unterschiedlichen Materialien (Steine, Ziegel) gemauert oder, das Terrain nutzend, in den Boden eingetieft sein kann. Das Brenngut wird im Brennraum aufgeschichtet. Bevor der Ofen beschickt wird, muss jedoch über dem Feuerraum ein einfaches Gewölbe (Himmel) errichtet werden. Das Gewölbe ruht dabei auf der Ofenbank, die den Feuerraum radial fasst. Die Ofenbank kann für jeden Brand neu aufgebaut werden oder fix installiert sein.

## 2 Kempraten, Seewiese: Der Befund

Die Reste der beiden Öfen der Grabung Seewiese<sup>20</sup> kamen direkt unter dem abgebaggerten rezenten Humus zum Vorschein. Im Umfeld der Öfen haben sich keine römischen Gehniveaus erhalten. Sie sind entweder durch die fortschreitende Bodenbildung in einem Reduktionshorizont<sup>21</sup> aufgegangen oder wegerodiert, denn insbesondere gegen Norden, v.a. im Bereich von Ofen 2, war das Terrain um mindestens 40 cm gekappt.<sup>22</sup> Zusätzlich waren die oberen Schichten relativ stark durch Wurzeln bioturbiert.

Den geologischen Untergrund bildete die Süßwassermolasse (Nagelfluh und Sandstein). Im Bereich von Ofen 1 stand sie bis etwa auf der Höhe von 408.70 m ü.M. an und stieg in Ofen 2 gegen Nordwesten auf gegen 409.20 m ü.M. Auf der Molasse lag flächig ein Moränenlehm (Pos. 822).



Das Gelände fällt zum See hin leicht ab. Diese Hanglage wurde bei der Anlage von Ofen 1 ausgenutzt. Der jüngere Ofen 2 bezog nach dem Abbruch des älteren Ofens diesen in seine Konstruktion mit ein. Beide Öfen weisen vergleichbare Grundrisse auf. Mit zwei nebeneinander liegenden Schnauzen resp. Feuerräumen handelt es sich um einen für Kalköfen ungewöhnlichen Ofentyp (Fig. 4). Zu Ofen 2 gehörte vermutlich die Grube Pos. 1843, deren Funktion nicht abschliessend geklärt werden konnte (Fig. 10). Abgesehen von den beiden Verfärbungen Pos. 1802 und Pos. 1803, die allenfalls als Pfostenlöcher interpretiert werden können, fanden sich keine weiteren Befunde im nächsten Umfeld der Öfen.

### 2.1 Ofen 1

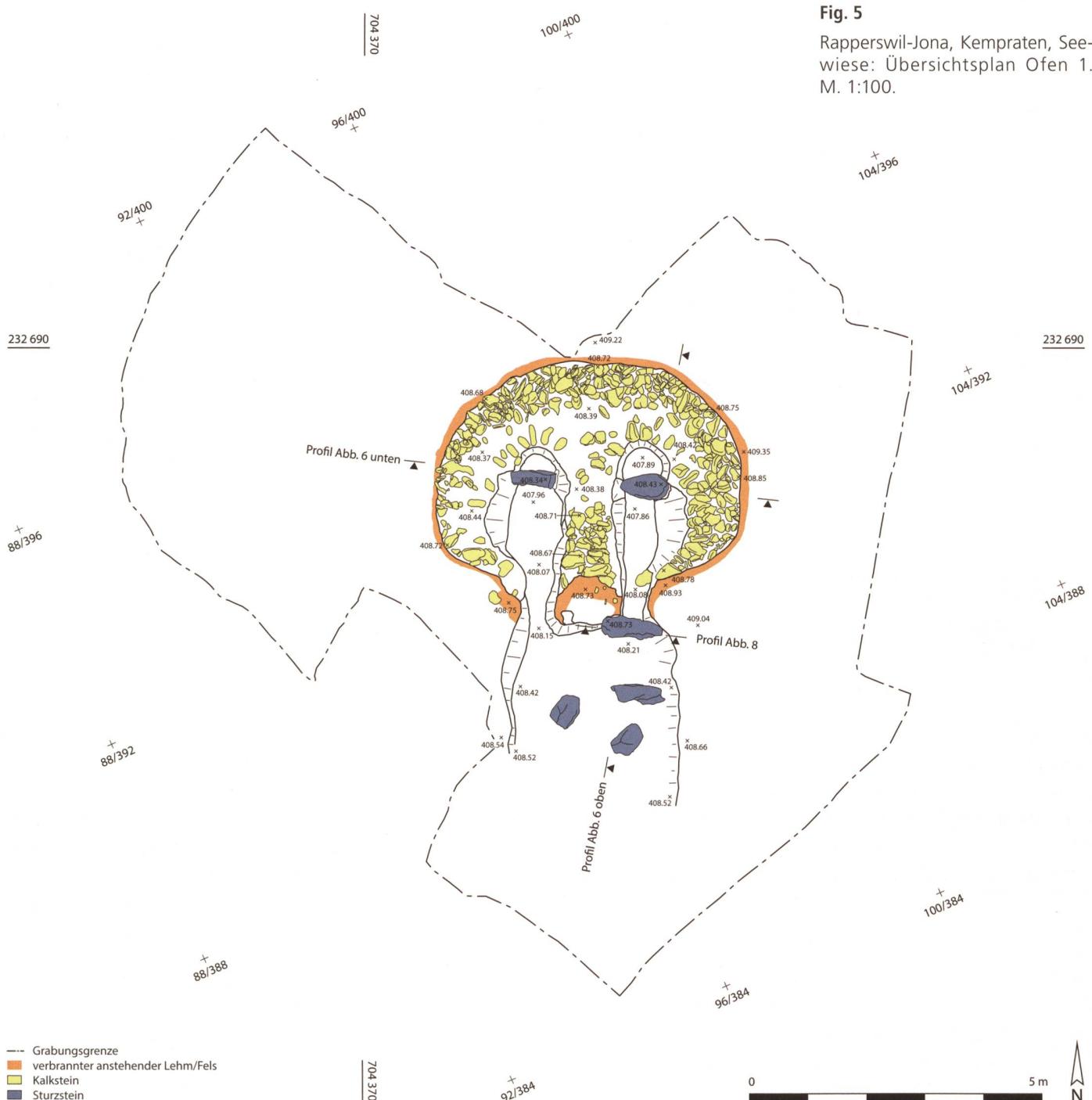
Der ovale Brennraum von Ofen 1<sup>23</sup> mass 5.20 m in der Länge und 3.70 m in der Breite (Fig. 5). Er war – soweit erhalten – noch bis zu 80 cm tief senkrecht in den anstehenden Lehm eingetieft. Hinweise auf eine Innenschale in Form einer Mauer o. ä. wurden nicht beobachtet. Die Hitze

**Fig. 4**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Übersicht über die beiden Kalköfen. Ofen 1 im Hintergrund, Ofen 2 im Vordergrund. Blick nach SE.

hatte während des Brandes im Kalkofen den anstehenden Lehm der Brennraumwand bis 10 cm tief gerötet (Fig. 6).

Als die römischen Ofenbauer auf den Nagelfluhfelsen stiessen, liessen sie diesen entlang der Ofenwand als stabile Ofenbank stehen. Sie schroteten nur die beiden Nord-Süd verlaufenden, ovalen, über 1 m breiten und gegen 2.40 m langen Feuerräume (Höllen) aus dem Fels. Die Feuerräume waren über 50 cm tief und verzögerten sich nach unten zu einem 50 cm breiten Kanal. Ihre Sohlen waren flach, stiegen aber gegen Süden, zur Schnauze hin, um 30 cm an. Ein bis zu 80 cm breiter Mittelsteg, der Teil der Ofenbank war, trennte die beiden Feuerräume. Die mehrheitlich aus Fels bestehende Ofenbank war besonders im rückwärtigen, nördlichen Bereich mit 1.20 m ziemlich breit. Sie diente als

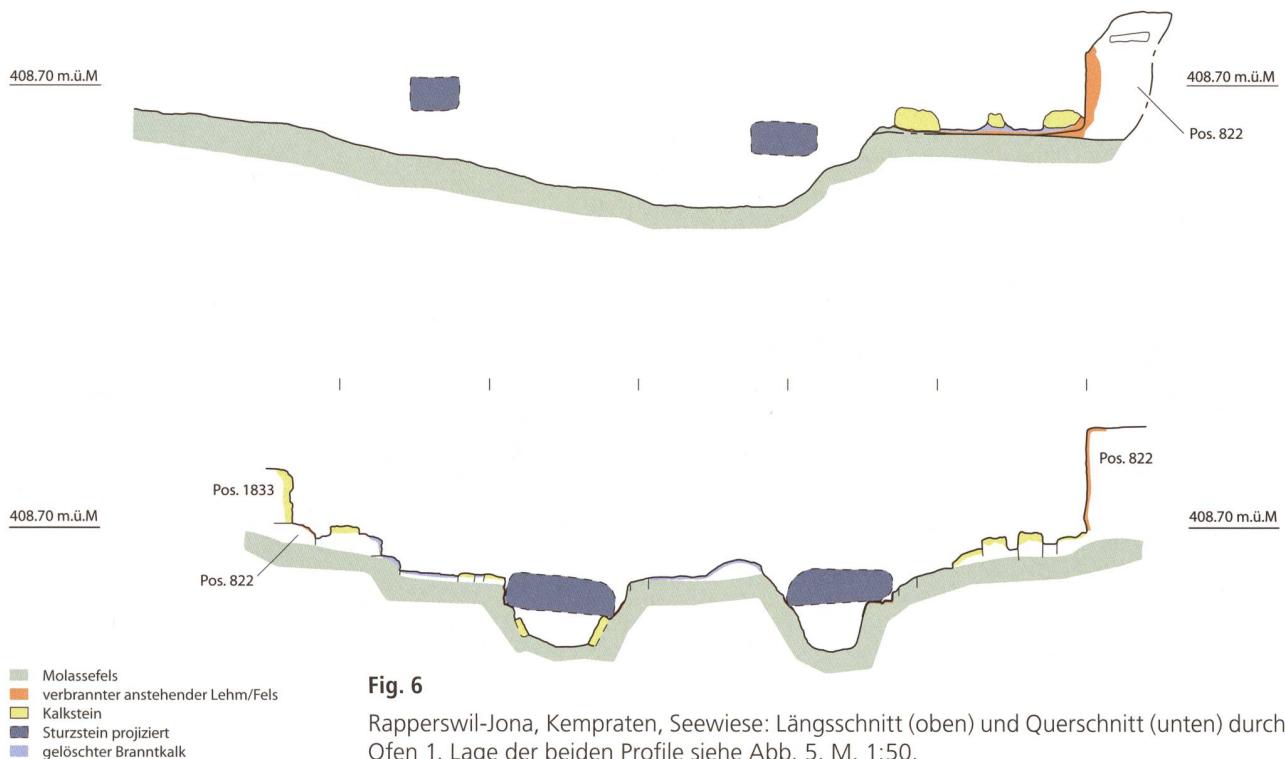


Widerlager für das im Brennraum aufgeschichtete Brenngut.

Beide Feuerräume wurden in der nördlichen Hälfte je mit einem 80 cm langen Kalksteinquader überspannt. Die

Sturzquader lagen auf sorgfältig in den Fels gehauenen Vertiefungen auf. Der westliche wurde zusätzlich von senkrecht an der Wand des Feuerraums stehenden Steinplatten abgestützt.

Die beiden fast 60 cm breiten Schnauzen lagen an der Längsseite des Ofens. Ein ca. 70 cm langer Heizkanal verband sie jeweils mit den Feuerräumen. Die östliche Schnauze wurde von einem 1.05 m



langen und 32 cm breiten Kalkstein überspannt (Fig. 8). Dieser Sturz lag auf zwei seitlich in den Untergrund gehauenen Vertiefungen auf. Er zeigte an der Ober- und Unterseite Brandrötungen. Zusätzlich waren die Seitenwände des Heizkanals über dem Sturzstein brandgerötet und direkt über dem Sturz liessen sich seitlich durch Hitze verursachte Verfärbungen beobachten. Der Sturz bildete also nicht den oberen Abschluss der Schnauze, sondern unterteilte diese in eine untere und eine obere Öffnung.

Die westliche Schnauze dürfte ähnlich konstruiert gewesen sein, denn in den Seitenwänden konnten die Auflager eines Sturzsteines im anstehenden Lehm dokumentiert werden. Der Stein wurde vermutlich beim Abbruch des Ofens verschoben, denn unter dem Schuttmaterial in der Küche fand sich ein 32 cm breiter und 90 cm langer Kalkbruchstein, dessen

Form dem Sturz der östlichen Schnauze entsprach. Er wies ebenfalls Brandspuren auf. In der Küche fanden sich außerdem zwei etwa 60 auf 30 cm grosse plattierte Kalksteine mit Feuerspuren, die sich aufgrund ihrer Grösse vom restlichen Schutt abhoben. Möglicherweise handelte es sich dabei um die beiden Sturzsteine der oberen Öffnungen der Schnauzen.

Der Ofen wurde von der im Süden liegenden Küche aus bedient. Sie war etwa 3.20 m breit und 2.20 m lang und bis zu 50 cm in den anstehenden Lehm und Fels eingetieft, sodass auf der gesamten Fläche der Fels frei lag. Gegen Süden stieg ihre Sohle um ca. 20 cm an und ging dann in die zum See hin abfallende Hangneigung über.

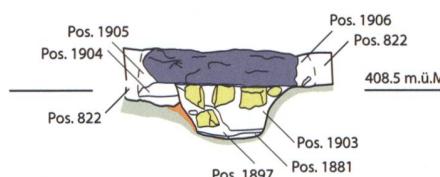
In beiden Feuerräumen fand sich je eine bis zu 20 cm dicke Holzkohleschicht,<sup>24</sup> die nach dem letzten Brand im Ofen liegen blieb (Fig. 7). Es konn-

ten keine Anzeichen dafür beobachtet werden, dass sich die Kohleschicht während mehrerer Brände abgelagert hatte. Die Holzkohlen waren relativ gross fragmentiert, aber stark verrundet. Also waren sie kaum starker Begehung und Witterung ausgesetzt. Die Verrundung könnte durch die Bewegung der Kohlen bei eindringendem Wasser entstanden sein. Eine Ascheschicht<sup>25</sup> unter der Holzkohleschicht wurde nur auf der Sohle des östlichen Feuerraums beobachtet. Die in den Fels gehauenen Feuerräume waren wohl nach den einzelnen Bränden jeweils relativ sorgfältig geleert worden. Dank des festen Untergrundes war die Reinigung zwischen den Bränden leicht zu bewerkstelligen.

Auch in der Küche fand sich auf der Sohle eine stark mit Holzkohle durchsetzte, wenige Zentimeter dicke Schicht (Pos. 1881, Fig. 8), die in die Heizkanäle

**Fig. 7**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Ofen 1 nach dem Entfernen der jüngeren Verfüllung. Auf der Sohle der Feuerräume liegt noch die schwarze Kohleschicht der letzten Benutzung. Blick nach N.



hineinzog.<sup>26</sup> Aufgrund des Betriebsablaufs kann davon ausgegangen werden, dass sich diese Schicht während der gesamten Benutzung des Ofens ablagerte.

Direkt auf der Ofenbank und dem Mittelsteg lagen einzelne gebrannte Kalksteine.<sup>27</sup> Einige davon, insbesondere entlang der Feuerräume, waren durch die Bodenfeuchtigkeit gelöscht und fest mit den Ofenwänden zementiert.<sup>28</sup> Entlang der Wand des Brennraumes lagen die Kalksteine dichter und teilweise mehrlagig.<sup>29</sup> Sie schienen zur Wand hin keilförmig anzuziehen. Es handelte sich wohl um die untersten Lagen des Brenngutes des letzten Brandes und nicht um Reste einer verstürzten Innenschale,

denn die Steine lagen dicht gepackt und geschichtet auf der Ofenbank.

Ofen 1 wurde aus einem heute nicht mehr nachvollziehbaren Grund aufgelassen. Die Feuerräume wurden in der Folge bis auf Höhe der Ofenbank mit grösseren verbrannten Kalksteinen, Kalksplittern und gebrannten Lehmbrocken verfüllt.<sup>30</sup> Zwischen diesem Grobmaterial fand sich ein grauer, siltiger und schmieriger Lehm.<sup>31</sup> Auch auf der Ofenbank lag in Vertiefungen und zwischen den Steinen dieses Material. Der Lehm war besonders unter den Sturzquadern und im Bereich der östlichen Schnauze sehr homogen (vgl. Pos. 1903, Fig. 8). Wahrscheinlich ist dieser nach der Aufgabe des Ofens zwis-

schen dem im Ofen entsorgten Schutt eingeschwemmt worden. Die Küche war ähnlich verfüllt wie die Feuerräume.<sup>32</sup>

Spätestens beim Bau des jüngeren Ofens 2 plante man im Brennraum einen mit relativ kleinen Kalkbruchsteinen durchsetzten Lehm<sup>33</sup> aus, um im Vorfeld von Ofen 2 eine ebene Arbeitsfläche für den Betrieb zu schaffen (Fig. 9). Das Material dürfte im Umfeld des Ofens reichlich zur Hand gewesen oder beim Bau von Ofen 2 angefallen sein. Einen Hinweis auf während des Baus von Ofen 2 umgelagertes Material wurde in der Küche und stellenweise im Brennraum von Ofen 1 beobachtet. Hier fand sich über dem planierten Schutt umgelagertes Erdmaterial,<sup>34</sup> das vom Aushub des jüngeren Ofens stammen dürfte.

Im Brennraum lag flächig über dieser Schicht ein ebenfalls ausplanierter, verziegelter Lehm,<sup>35</sup> der als Gehriveau während des Betriebs von Ofen 2 diente. Der Lehm stammte wohl von der abgebrochenen Konstruktion von Ofen 1 und diente vermutlich zur Abdichtung des Brenngutes beim Brand. Durch die spätere Begehung haben sich jedoch kaum Lehmbrocken erhalten.<sup>36</sup>



## 2.2 Ofen 2

Ofen 2<sup>37</sup> war nur wenig kleiner als Ofen 1 und wies einen ähnlichen Grundriss auf (Fig. 10). Er wurde nach der Aufgabe von Ofen 1 auf der Westseite des älteren Ofens ausgehoben. Dabei wurde der ältere Ofen als Küche in Ofen 2 integriert, es waren also kaum zusätzliche Erdarbeiten nötig. Der Steg zwischen den beiden Schnauzen von Ofen 1 wurde bis auf die Höhe der Ofenbank abrasiert, um für die geplante Küche mehr Platz zu schaffen. Dabei dürfte der westliche Sturzstein herausgerissen worden sein. Als Gehniveau diente eine Planie aus Schutt mit verziegeltem Lehm.<sup>38</sup> Wie viel Zeit zwischen der Auflassung des älteren und dem Bau des jüngeren Ofens lag, lässt sich nicht beurteilen. Lange dürfte es jedoch nicht gedauert haben, da keine Anzeichen einer Bodenbildung in Ofen 1 beobachtet wurden,<sup>39</sup> die Ofenwände nicht eingefallen sind und der ältere Ofen gezielt in die Konstruktion des jüngeren eingeplant wurde.

**Fig. 9**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Übersichtsfoto des verfüllten Ofens 1 nach dem Abbau des zur Küche von Ofen 2 gehörenden Gehniveaus. Im Hintergrund der jüngere Ofen 2. Blick nach W.

Der ebenfalls ovale Ofen 2 war mit 4.6 m Länge und 3.8 m Breite etwas kleiner als der ältere Ofen 1. Die Ofengrube wurde im anstehenden Lehm bis auf Höhe der hier etwas höher anstehenden Molasse ausgehoben. Durch die Hitze ist der anstehende Lehm der Ofenwandung wenige Zentimeter dick rot gefärbt. Die Ofenbank wurde aus trocken gesetzten Kalksteinen (Pos. 1026,<sup>40</sup> Fig. 10) in der Grube konstruiert (Fig. 11). Erhalten war noch eine Lage. Die beiden Feuerräume wurden Omega-förmig mit grossen, bis 60 cm langen Steinblöcken sorgfältig gerahmt. Dahinter, v.a. im rückwärtigen nordwestlichen Bereich, wurde diese Schale mit kleineren, eher hochkant gestellten Steinen aufgefüllt.

Der eigentliche Brennraum des Ofens war nicht mehr erhalten, denn seine Konstruktion reichte weniger tief als diejenige von Ofen 1. Zusätzlich war an seinem Standort das Terrain vermutlich stärker überprägt, denn der Schichtverlust beträgt hier mindestens 40 cm.

Die beiden birnenförmigen, etwa 2.20 m langen und 1.20 m breiten Feuerräume waren durch einen Mittelsteg getrennt und nur noch leicht vertieft (ca. 10–20 cm). Ihre Sohlen stiegen zu den Schnauzen hin leicht um 10 cm an. Grösstenteils lag an der Sohle der Molassefels frei (Nagelfluh und Sandstein).

Zwei 1.5 m lange Heizkanäle verbanden die beiden Feuerräume mit der Küche. Sie waren somit ziemlich lang. Ihre Seitenwangen waren zur Verstärkung mit lokal vorkommendem, grobkörnigem Lehm<sup>41</sup> ausgestrichen, der durch die Hitze hart gebrannt war.

Die Abdeckung der beiden Feuerkanäle und Schnauzen war nicht mehr erhalten. Die Frontseite des Ofens war beidseits der Schnauzen mit einem trocken gemauerten Hitzeschild (Pos. 1833) aus Kalkbruchsteinen verstärkt. Der Hitzeschild war noch bis zu drei Lagen hoch. Er wurde wohl direkt beim Bau des Ofens errichtet, denn es gab keine Anzeichen dafür, dass die Benutzungsschicht in der Küche darunter zog. Im Steg zwischen den beiden Schnauzen wies der Hitzeschild seitlich zwei vertikale Stufen auf. Diese könnten von einer nicht mehr erhaltenen Konstruktion zum Verschliessen der Schnauzen während des Brandes stammen.

Der westliche Feuerraum des älteren Ofens 1 wurde ausgenutzt, um darin für den Betrieb von Ofen 2 eine gegen 40 cm tiefe, ovale Grube (Pos. 1873, Fig. 10) anzulegen. Gegen Süden schloss daran ein rinnenartiges, 20 cm breites und nur gegen 10 cm tiefes Gräbchen (Pos. 1874) an. Auf den Sohlen und Wangen der Grube und des Gräbchens lag durchgehend eine Holzkohleschicht,<sup>42</sup> die sich in der Fläche der Küche fortsetzte. Es ist also anzunehmen, dass die Grube während des Betriebes des Ofens offen stand. Ihre Funktion ist unklar, denn ihre Lage scheint für das Hantieren in der Küche unpraktisch. Es ist denkbar, dass man darin die Asche und Kohle – wohl zum Abkühlen – deponiert hatte, bevor sie weggeschafft wurde. Das Aus sieben der übrigbleibenden Holzkohle und Asche zur Weiterverwendung ist bei zeitgenössischen Öfen im Mittelmeerraum nachgewiesen.<sup>43</sup>

Auf der Sohle der Feuerräume und in den Heizkanälen lag eine dünne Schicht aus Holzkohle<sup>44</sup> und kleinen Kalkstein-splittern sowie kleinen Fragmenten von gelöschem Kalk, die sich während des Betriebes abgelagert hatten. Die Holzkohleschicht ist im Vergleich zum Befund in Ofen 1 dünn. Dies dürfte belegen, dass Asche und Holzkohle in den Feuerräumen von Ofen 2 während des



Betriebes laufend entfernt wurden. Die Holzkohleschicht setzte sich in der Küche fort.<sup>45</sup> Keilförmig zwischen den beiden Schnauzen von Ofen 2 war die benutzungszeitliche Schicht mit Kalkstein-

splittern durchsetzt.<sup>46</sup> Diese Keilform entstand wohl, weil man beim Leeren der Feuerräume die Asche und die Kohle mit einem langen Werkzeug aus den Feuerräumen in die Küche zog.

Beim Ausräumen des Brennraumes nach dem Brand deponierte man wohl die nicht garen Kalksteine (Möpse) in der östlichen Küchenhälfte (Pos. 1848, Fig. 10), im Bereich des älteren Ofens 1.<sup>47</sup>

Die Steine wurden möglicherweise hier zwischengelagert, um sie mit der nächsten Ofencharge ein zweites Mal zu brennen. Die stellenweise unter der Schutthalde (Pos. 1848) beobachtete Benutzungsschicht<sup>48</sup> belegt, dass die Steine erst nach Inbetriebnahme von Ofen 2 hier deponiert wurden.

Nach der Auflösung des Ofens wurde er mit Schutt aus Kalkbruchsteinen und verziegeltem Lehm verfüllt – vermutlich ausplaniertes Material der Ofenkonstruktion und der letzten Ofenfüllung. Auch der Frontbereich des Ofens wurde mit einigen Kalkbruchsteinen<sup>49</sup> aufgefüllt. In der restlichen Küche wurden keine massiven Schuttschichten beobachtet. Als Mulde blieb der Ofen im Gelände wohl sichtbar, bis er im Laufe der Zeit vollständig mit braunem, kiesigem Lehm zusedimentiert ist. Dieser Lehm hob sich kaum vom stratigrafisch jüngeren Reduktionshorizont ab.

### 2.3 Grube Pos. 1843

Auf der Nordseite des älteren Ofens 1 lag die rechteckige, 3.60 m auf 1.80 m messende, muldenförmige Grube Pos. 1843 (Fig. 10). Sie war noch gegen 30 cm tief erhalten. Auf der Grubensohle lag eine Schicht aus Holzkohle.<sup>50</sup> In der lehmigen Verfüllung darüber fanden sich einzelne Kalkbruchsteine. Dies dürfte auf eine Nutzung in Verbindung mit den Öfen hindeuten. Die Grube schnitt den Brandsaum von Ofen 1 und war deshalb eindeutig jünger als dieser Ofen (Fig. 12). Sie dürfte während des Betriebes von Ofen 2 angelegt worden sein, da sie teilweise über den in der Küche deponierten Steinen lag. Eine Anlage der Grube nach der Auflösung der beiden Öfen scheint unwahrscheinlich.

Die Funktion der Grube konnte bislang nicht eindeutig geklärt werden. Im Bereich der Sohle zeigte sich eine Abfolge von feinlaminierten tonig-san-



Fig. 11

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Übersichtsfoto von Ofen 2 mit dem Hitzeschild auf der Frontseite. Im Vordergrund die holzkohlehaltige Benutzungsschicht in der Küche. Blick nach NW.

Fig. 12

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Grube 1843, die sich im anstehenden Moränenlehm (Pos. 822) abzeichnet. Gut erkennbar ist, wie sie den rötlichen Brandsaum von Ofen 1 schneidet. Blick nach E.



**Fig. 13**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Anschliff eines Meilener Kalkes aus dem Ausraum der Kalköfen (Inv. 53.055.1279.001). Foto: H. Mändli.

**Fig. 14**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Anschliff eines Hombrechtikoner Wetterkalkes aus dem Ausraum der Kalköfen (Inv. 53.055.1279.002). Die konzentrischen Zonierungen entstanden durch die Hitzeeinwirkung im Ofen, es handelt sich um ein nicht durchgebranntes Stück (Mops). Foto: H. Mändli.

### 3 Rohmaterial

#### 3.1 Kalkstein (Thomas Gubler, unter Mitarbeit von Hugo Mändli)

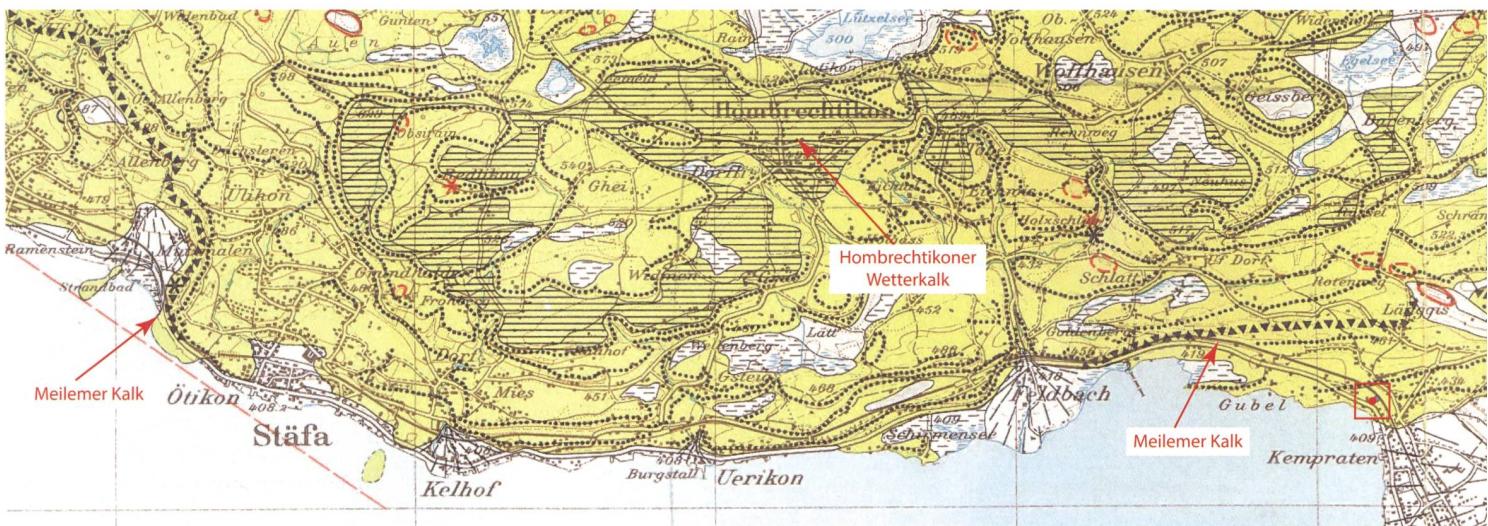
Eine Begutachtung des aus dem Abraum der Öfen stammenden Steinmaterials ergab, dass sich dieses im Wesentlichen aus Meilener Kalk zusammensetzte. Weit weniger häufig wurde Hombrechtikoner Wetterkalk beobachtet und nur vereinzelt andere, namentlich alpine Kalke, welche am wahrscheinlichsten von lokal auftretenden Findlingen stammen. Es konnten primär keine Unterschiede zwischen den beiden Ofenbeschickungen festgestellt werden. Allerdings stammen die meisten Steine aus dem Abraum der Öfen, welche nicht unbedingt die Reste der letzten Ladung darstellten. Zwei Proben der beiden Gesteinsarten wurden im Labor genauer untersucht.

Bei ca. drei Vierteln aller verwendeten Steine handelte es sich um einen hellgrauen bis beigen, detritischen, fein laminierten Kalksiltstein (Fig. 13). Diese Lithologie ist unverwechselbar und kann eindeutig dem sog. Meilener Kalk zugeordnet werden. Der Meilener Kalk ist eine dem sog. «Appenzeller-Granit»-

digen Schichten.<sup>51</sup> Diese Sedimentation ist unter wiederholtem Wassereintrag entstanden. Eine Interpretation als Wasserbecken ist deshalb denkbar. Im Bereich der Sohle war das Sediment sehr kalkhaltig.<sup>52</sup> Allerdings konnten mikroskopisch, wie auch makroskopisch, keine festen Kalkelemente beobachtet werden, was gegen die Interpretation als Becken zum Löschen des gebrannten

Kalkes spricht.<sup>53</sup> Allgemein sind Löschecken im Umfeld römischer Kalköfen kaum nachgewiesen.<sup>54</sup>

Weiter gelangte während ihrer Benutzung Holzkohle in die Grube. Die Zusammensetzung der Holzkohle unterscheidet sich von derjenigen aus Ofen 2 und deutet darauf hin, dass es sich beim Grubeninhalt nicht um die Reste des letzten Brandes handelt.



**Fig. 15**

Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1: 50'000 des Kantons Zürich und Umgebung. Der Standort der Grabung ist mit einem roten Punkt markiert. Die für die Kalkgewinnung genutzten Kalkschichten (Meilener Kalk mit linienförmiger Dreieckssignatur, Hombrechtikoner Wetterkalk horizontal schraffiert) innerhalb der Oberen Süßwassermolasse (gelb) sind in der Abbildung bezeichnet. Karte: Hantke et al. 1967.

Leitniveau zugehörende Kalkschicht, die etwa 3 bis 5 m mächtig ist und in der mehrere hundert Meter umfassenden Oberen Süßwassermolasse eine einmalige Ablagerung von verschwemmtem Bergsturzmaterial (daher Leithorizont) darstellt.<sup>55</sup> Der Meilener Kalk weist eine sehr weiträumige Verbreitung auf, die von Rapperswil-Jona bis nach Obfelden ZH an der Reuss und Zürich-Seebach reicht. Die Kalkschicht wurde bis ins Mittelalter für die Kalkbrennerei und auch als lokaler Baustein abgebaut, so zum Beispiel bei Horgen ZH beim Flurnamen «Chalchofen» oder bei Obfelden.<sup>56</sup> Ein der Fundstelle in Kempraten nahe gelege-

gener Aufschluss dieser Kalkschicht liegt in Stäfa ZH, wo das Niveau mit ca. 4 % nach SSE einfallend unter den Seespiegel abtaucht. Es ist möglich, dass die in Kempraten verwendeten Meilener Kalke in Stäfa in unmittelbarer Seefernähe abgebaut und mit dem Schiff in die Kempratener Bucht transportiert worden sind. Allerdings gibt es auch zwischen Feldbach ZH und Rüti ZH weitere Aufschlüsse von Meilener Kalk; die nächsten liegen weniger als ein Kilometer von den Kalköfen der Seewiese entfernt. Meilener Kalk weist einen Kalkanteil von 80–98 % auf.<sup>57</sup> Die Aufschlüsse mit etwas tieferen Kalkgehalten enthalten einen namhaften Anteil an Dolomit. Meist bedeutend geringer sind die Anteile an Tonmineralien und Quarz. Insgesamt ist der Meilener Kalk daher sehr gut für den Kalkbrand geeignet. Der Kalkgehalt einer im Labor untersuchten Probe von Kempraten beträgt 84 %.

Etwa 10 % bis 20 % der verwendeten Kalksteine wiesen ein massiges dichtes Gefüge auf und unterschieden sich daher deutlich von den fein geschichteten Kalksiltsteinen des Meilener Kalks. Mit grosser Wahrscheinlichkeit sind diese Kalksteine dem sog. «Wetterkalk von

Hombrechtikon» zuzuordnen (Fig. 14). Es handelt sich um eine 1 bis 2 m dicke, im Gebiet von Hombrechtikon vorkommende Kalkschicht in der Oberen Süßwassermolasse, die eine Ausdehnung von über 10 Quadratkilometern aufweist und häufig als verkarstete Kalkschicht direkt unter dem Bodenhorizont folgt. Da solche «Wetterkalke», wenn auch in geringerer Mächtigkeit, in verschiedener stratigraphischer Lage innerhalb der Oberen Süßwassermolasse auftreten, ist die Zuweisung der Kalkblöcke aus den Öfen nicht mit letzter Sicherheit vorzunehmen. Bei den Wetterkalken handelt es sich nicht um Süßwasserkalke, sondern um klimatisch bedingte Caliche-artige Kalkausscheidungen an der Oberfläche infolge Verdunstens von kalkhaltigen Wässern. Der Kalkgehalt einer im Labor untersuchten Probe beträgt 80 %.

Für die Herstellung von gebranntem Kalk sowie für den Bau der Öfen wurde also auf zwei lokale, innerhalb der Oberen Süßwassermolasse vorkommende Kalkschichten zurückgegriffen (Fig. 15). Im weiteren Umkreis um den Standort der Öfen handelt sich dabei um die einzigen «bedeutenden» Kalkvorkom-

Probe	FK	Pos.	Schlämmfraktion	Gewicht	Gewicht analysiert (g)	% analysiert	Erle ( <i>Alnus</i> sp.)	Birke ( <i>Betula</i> sp.)	Hainbuche ( <i>Carpinus betulus</i> )	Hasel ( <i>Corylus avellana</i> )	Rotbuche ( <i>Fagus sylvatica</i> )	Kernobst (Maloideae)	Pappel ( <i>Populus</i> sp.)	Eiche ( <i>Quercus</i> sp.)	Holunder ( <i>Sambucus</i> sp.)	Fichte ( <i>Picea abies</i> )	Laubholz	Nadelholz	Rinde	Summe	Anzahl Taxa		
<b>Ofen 1</b>																							
185	53.55.1240	1911	2 mm	301.2	34.2	11.4	1	27					61	11							100	4	
186	53.55.1239	1908	2 mm	66.9	12.4	18.5	7	9					3	44	36	1					100	6	
187	53.55.1238	1907	2 mm	46.1	14.9	32.3	16	20		1			37	17						11	102	5	
<b>Summe</b>							<b>24</b>	<b>56</b>		<b>1</b>		<b>3</b>	<b>142</b>	<b>64</b>	<b>1</b>						<b>11</b>	<b>302</b>	<b>7</b>
<b>Ofen 2</b>																							
171	53.55.1213	1839	2 mm	6.6	4.2	63.6	47	2												1		50	2
172	53.55.1214	1156	2 mm	80.04	15.9	19.9	1	96												3	100	2	
<b>Summe</b>							<b>48</b>	<b>98</b>												<b>1</b>	<b>3</b>	<b>150</b>	<b>2</b>
<b>Grube Pos. 1843</b>																							
169	53.55.1211	1855	2 mm	42.8	11.2	26.2	3		2		16	1	12	29		26	1	10			100	7	
<b>Summe aller Proben</b>							<b>75</b>	<b>154</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>154</b>	<b>93</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>552</b>	<b>10</b>		

men. Ein Antransport von Kalkgestein aus dem Jura (z.B. Baden AG) oder den Helvetischen Decken am Alpenrand (z.B. Oberurnen GL oder Walensee) wäre bedeutend aufwändiger gewesen.<sup>58</sup>

### 3.2 Brennholz (Angela Schlumbaum)

Neben dem Rohstoff Kalk ist Holz eine wichtige Ressource. Wir wissen aber sehr wenig darüber, welche Hölzer verwendet wurden oder ob die Holznutzung gezielt war. Die umfangreichste Untersuchung zur Holznutzung in römerzeitlichen Kalköfen stammt aus der Ajoie, aus Boncourt JU, wo Holzkohlen aus fünf Kalköfen untersucht wurden.<sup>59</sup> Dabei zeigte sich, dass zu Beginn ausschliesslich Rotbuchenholz verwendet wurde, während ab dem 2. Jh. zusätzlich Eichenholz verfeuert wurde. Aus Schlieren ZH liegt eine ältere Publikation vor mit dem Resultat, dass eine Vielzahl lokaler Bäume zum Brand verwendet wurde.<sup>60</sup> Im Gegensatz dazu zeigt sich in Gamsen VS, dass ausschliesslich die ebenfalls lokal

vorhandene Kiefer verfeuert wurde.<sup>61</sup>

Aus Europa liegen ebenfalls nur vereinzelte anthrakologische<sup>62</sup> Untersuchungen zur Holznutzung in römerzeitlichen Kalköfen vor. Sie stammen aus unterschiedlichen geografischen Regionen in Italien, Frankreich, Grossbritannien und Deutschland.<sup>63</sup> Die vorliegende Analyse ist somit ein wichtiger Schritt zum Verständnis industrieller Holznutzung in der Römerzeit.

#### 3.2.1 Probenentnahme und Methode

Insgesamt wurden die Holzkohlen aus sechs Proben der 2 mm Schlämmfraktion untersucht. Die Proben stammen aus den Benutzungsschichten der Feuerräume der beiden Kalköfen und der wohl zu Ofen 2 gehörenden Grube Pos. 1843 (Fig. 16).<sup>64</sup> Alle untersuchten Holzkohlen sind grösser als 1 cm, zum Teil sogar über 4 cm gross (insbesondere in Ofen 1).<sup>65</sup> Zusätzlich sind besonders bei Probe 185 ihre Kanten oft abgerundet und sie wirken abgeschliffen.

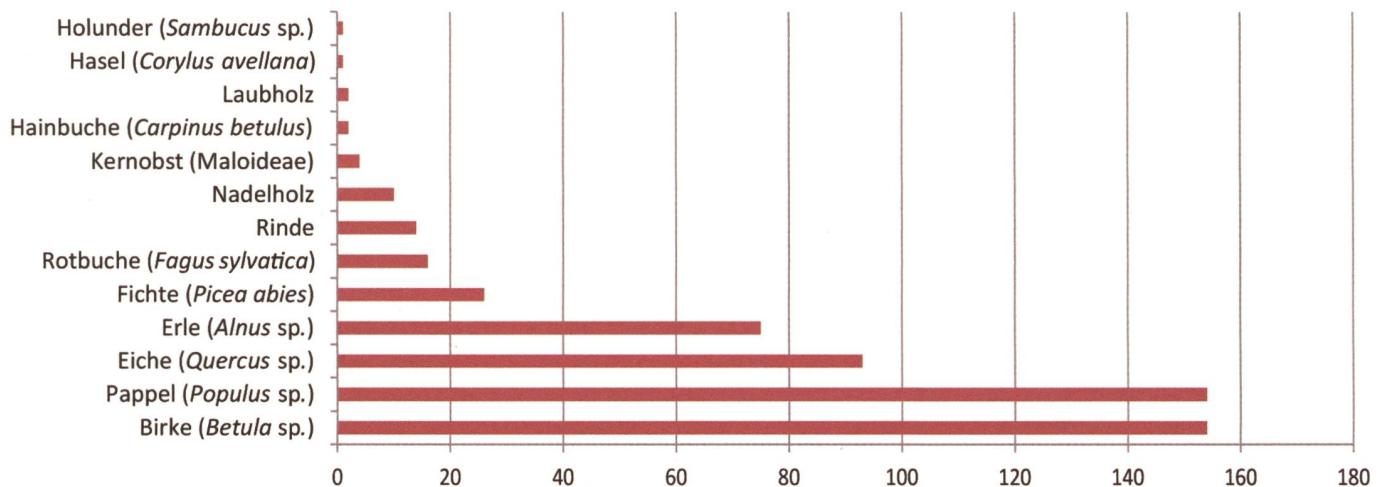
### Fig. 16

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Tabellarische Übersicht der Holzkohlen aus den Feuerräumen der beiden Öfen und der Grube Pos. 1843.

Pro Probe wurden, wenn möglich, mindestens 100 Stück zufällig als Stichprobe entnommen und auf Taxonebene<sup>66</sup> nach Schweingruber<sup>67</sup> bestimmt (Fig. 16). Die Bestimmung von *Carpinus betulus* (Hainbuche) wurde durch Werner H.Schoch, Labor für Quartäre Hölzer, Langnau a.A. ZH, bestätigt.

#### 3.2.2 Übersicht

Es wurde ein grosses Spektrum an Hölzern mit insgesamt 10 Taxa gefunden (Fig. 17). Die Hölzer Pappel (*Populus* sp.) und Birke (*Betula* sp.) sind mit je ca. 28 % am häufigsten, gefolgt von Eiche (*Quercus* sp., ca. 17 %) und Erle (*Alnus* sp., ca. 13 %). Fichte (*Picea abies*), Rot-

**Fig. 17**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Gesamtübersicht der nachgewiesenen Holztaxa aus allen Proben, geordnet nach Häufigkeit.

buche (*Fagus sylvatica*) und Kernobst (Maloideae) sind jeweils mit unter 5 % vertreten. Hainbuche (*Carpinus betulus*), Hasel (*Corylus avellana*) und Holunder (*Sambucus* sp.) sind mit 1–2 Stücken selten. Wenige Zweige von Erle, Nadelholz und Rotbuche waren vorhanden. In beiden Öfen kamen vereinzelt Rindenkohlen (unbestimmt) vor.

### 3.2.2.1 Materialvorlage nach Befunden getrennt

#### Ofen 1 (Fig. 16 und 18)

N=291; 7 Taxa

Beim letzten Brand des Ofens 1 wurde mit vielen verschiedenen Hölzern gefeuert. Mit fast 50 % ist Pappelholz am häufigsten, gefolgt von Eiche und Birke mit je ca. 21 % sowie Erle mit etwa 8 %. Vereinzelt kommen Kernobst, Hasel und Holunder vor. Das Holzspektrum der beiden Feuerräume ist ähnlich, abgesehen von kleineren prozentualen Unterschieden.

Es wurde also ein Gemisch von Hölzern mit potenziellen Standorten in der nächsten Nähe verwendet. Mit Eiche und Birke wurden Hölzer mit guten Brennwerten verwendet (Fig. 21). Interessant sind aber auch die hohen Anteile der Weichhölzer Pappel und Erle. Beide brennen gut an, haben aber keine langanhaltende Glut, d.h. es muss mehr Holz verwendet werden, um die gleiche Energie wie z.B. mit Eichenholz zu erhalten. Die Pappel ist ein schnellwüchsiger Baum, der in ca. 30 Jahren ausgewachsen ist und deshalb als «schnell nachwachsender» Rohstoff gelten kann.

#### Ofen 2 (Fig. 16 und 19)

N=146; 2 Taxa

Beim letzten Brand des Ofens 2 wurde nur mit zwei Holztypen gefeuert. Es handelt sich um eine Kombination von energiereicher Birke (67 %) und dem weichen, gut brennenden Holz der Erle (33 %). Im südlichen Feuerraum wurde hauptsächlich Erle, im nördlichen hauptsächlich Birke, jeweils mit mehr als 97 % nachgewiesen. Vermutlich entstand diese Verteilung zufällig, weil die Holzkohlen fortlaufend entfernt wurden und nur der Zustand vor Aufgabe des Ofens vorliegt.

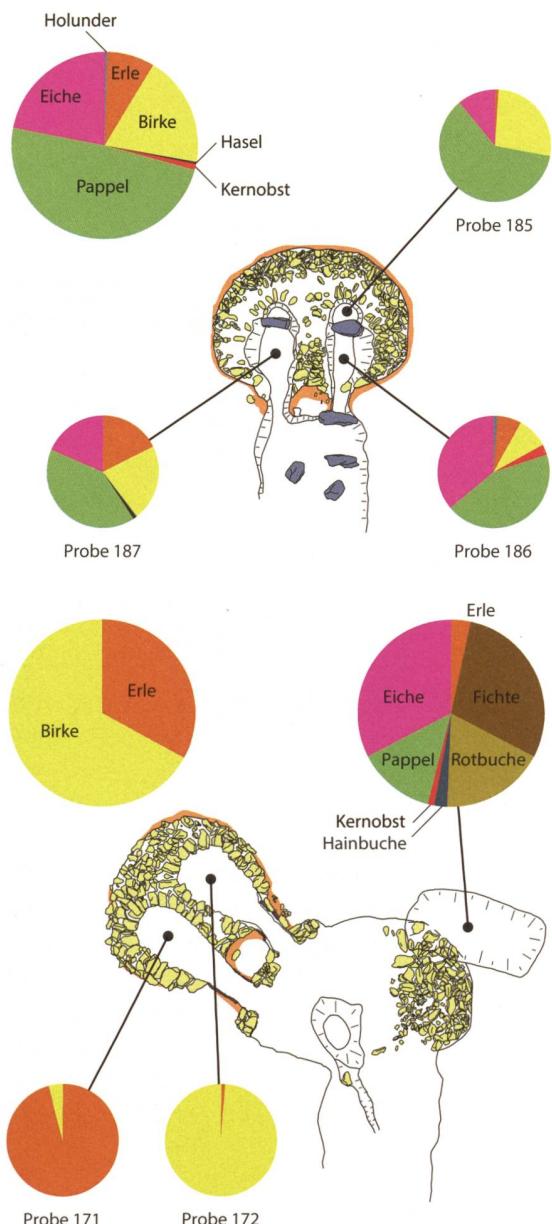
Grube Pos. 1843 (Fig. 16 und 19)

N=89; 7 Taxa

In der Grube Pos. 1843 kamen viele unterschiedliche Hölzer zum Vorschein. Neben den schon aus den Öfen bekannten Hölzern Eiche, Pappel, Erle und Kernobst sind zusätzlich und in grosser Anzahl Fichte (26 %) und Rotbuche (18 %) vertreten. Fichtenholz war sicher ein gutes Bauholz. Ob es lokal vorhanden war oder nicht, könnte ein off-site-Pollendiagramm<sup>68</sup> klären. Fichtenholz ist aber auch ein geeignetes Anfeuerholz. Rotbuche ist heute das wertvollste und beliebteste Brennholz, weil es einen hohen Brennwert, eine langanhaltende Glut und eine ruhige Flamme hat. Im etwas jüngeren Töpferofen HB6.I\_TO von Kempraten, Fluhstrasse 8/10 sind beide Hölzer im Vicus ebenfalls nachgewiesen.<sup>69</sup>

Dazu kommen in Grube Pos. 1843 zwei Holzkohlen der Hainbuche vor (Fig. 20). Hainbuchenholz ist sehr hart und in seinen Brenneigenschaften mit Rotbuche vergleichbar.

Das Holzspektrum in der Verfüllung der Grube Pos. 1843 zeigt mit Eiche, Pappel und Erle Verbindungen zu den stratigrafisch eindeutig älteren Holzkohlen in Ofen 1, die zusätzlich belegten Fichten und Rotbuchen unterscheiden sich jedoch davon. Von Ofen 2 hebt es sich

**Fig. 18**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Übersicht über die Hölzer aus Ofen 1 (ohne Laubholz, Nadelholz, Rinde).

Das Spektrum der Hölzer aus den Kalköfen entspricht also der lokalen Vegetation. Alle Hölzer wie Pappel, Erle und Eiche kommen im direkten Einzugsgebiet der Öfen vor. Als Pionierbäume stammen Birke und Hasel möglicherweise von entwaldeten ruderale Flächen in der Umgebung. Das Vorhandensein von Fichtenholz ist speziell, da Fichten eher in subalpinen bis alpinen Standorten oder auf Sonderstandorten wie Blockschutt wachsen.<sup>70</sup> Pollen von Fichten sind aber am Zürichsee ab dem Jüngeren Atlantikum (6000–5000 BP<sup>71</sup>) belegt.<sup>72</sup> Nachweise von Fichten finden sich weiter regelmäßig in römerzeitlichen Fundstellen des Mittellandes, z.B. in Studen BE/*Petinesca*<sup>73</sup> und im erwähnten Töpferofen HB6.I\_TO von Kempraten.<sup>74</sup> Oberdorfer erwähnt Fichte auch als Pionier in Waldverlichtungen,<sup>75</sup> mit denen in der Umgebung des Vicus sicher zu rechnen ist. Eine andere Besonderheit ist der Nachweis von Hainbuche. Hainbuchen gehören zu den letzten Baumarten, die nacheiszeitlich in die Schweiz einwanderen und sind im Gebiet ab 2500 BP mit Pollen belegt.<sup>76</sup> Die Hainbuche meidet die Auen und ist gegenüber der Rotbuche konkurrenzschwach. Sie wurde vor allem im Mittelalter wegen ihrer Stockausschlagfähigkeit anthropogen gefördert (siehe z.B. mittelalterliche Kalköfen von Boncourt).<sup>77</sup> Holzfunde der Hainbuche sind bislang aus römischen Kontexten, auch aus Gräberfeldern, in der Schweiz keine bekannt.<sup>78</sup> Der Nachweis in Kempraten könnte somit zu den frühesten regionalen Holzfunden dieser Art gehören.

ebenfalls ab. Die Holzkohlen in der Grube dürften also von einem früheren Brand oder aus anderen Kontexten stammen.

### 3.2.3 Die Hölzer und ihre Herkunft

Durch die Bautätigkeiten im nur kurz vor der Inbetriebnahme der Öfen 1 und 2 gegründeten Vicus mit Holzbauten und durch den Betrieb von Töpfer- und Kalköfen muss mit starkem menschlichem

Einfluss auf die umliegenden Wälder gerechnet werden. Die Kalköfen lagen nur 65 m vom Seeufer entfernt und damit im Bereich der Weichholzaue mit Weiden und Erlen wie auch der Hartholzaue mit Eichen, Pappeln und Eschen. Weiter vom See entfernt und etwas höher gelegen – in der kollinen Stufe – fanden sich dann Rotbuchen- und Eichenmischwälder, in denen auch Hainbuche, Tanne, Erle und Birke vorkommen.

### 3.2.4 Allgemeine Betrachtungen und Zusammenhänge

Es wird geschätzt, dass für den Brand einer Ofenladung mindestens 75 Ster ( $m^3$ ) Holz gebraucht wurden (zur Schätzung s.u.).<sup>79</sup> Bei diesen riesigen Mengen ist es naheliegend, dass das Holz direkt

**Fig. 20**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Querschnitt der Hainbuchenholzkohle (*Carpinus betulus*) aus Grube Pos. 1843 (Charakteristika: Zerstreut porig, spärliche Radialporen, zusammengesetzte Markstrahlen (ohne Poren), schwach ausgeprägte Jahrringe).

Foto: W. H. Schoch, Labor für Quartäre Hölzer.

in der Umgebung geschlagen und ein Transport über grössere Strecken vermieden wurde.<sup>80</sup> Verschiedene Autoren gehen deshalb übereinstimmend davon aus, dass sich die Holznutzung nach der Umgebungsvegetation richtete und dass es keine besondere Bevorzugung bestimmter Arten gegeben hat.<sup>81</sup>

Das in den Öfen nachgewiesene Holzspektrum unterstützt diese These. Es wurden vor allem Holztypen wie Pappel, Erle und Eiche gefunden, deren Standorte in der unmittelbaren Umgebung oder in der Landschaft um den oberen Zürich-/Obersee lagen. Auch die Birke, die sehr wüchsig und mit gera dem Stamm ist, gehört dazu. Es spricht jedoch nichts dagegen, dass das benötigte Holz auch geflösst wurde.<sup>82</sup> Es fehlen Weiden- oder Eschenholz, die zusammen mit der Erle ebenfalls in der Aue heimisch sind. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass diese Ressourcen an Holz schon aufgebraucht waren. Die Entwicklung der Waldvegetation während dieser Zeit liesse sich jedoch nur mit einem off-site-Pollendiagramm klären.

Es ist nicht möglich zu erkennen, ob das Holz vor dem Brand getrocknet oder direkt nach dem Holzschlag verwendet wurde. Eine Verwendung von feuchtem Holz reduziert die Energiegewinnung aus dem Holz erheblich und kann zu unvollständigem Abbrand führen. Brennwerte von trockenem Holz werden in der Regel basierend auf den sogenannten Raum meter oder pro Kilogramm angegeben



(Fig. 21).<sup>83</sup> Daraus wird klar, dass es von Eichen- und Birkenholz weniger Gewicht für die gleiche Energiegewinnung als von Erle und Pappel braucht. Pappelholz ist aber ideal, weil der Baum sehr schnell wächst und dadurch laufend Holz zur Verfügung stehen kann. Die in Eichenholz vorhandenen Gerbstoffe können auch zur Verfärbung des Kalks führen.<sup>84</sup>

In den Öfen von Kempraten wurden wohl hauptsächlich Stammholz oder dicke Äste verfeuert, denn es gibt nur sehr wenige Hinweise auf Zweigholz. Die Fragmentgrösse in Probe 185 dürfte damit zusammenhängen, dass die Kohlen hinter dem Sturzstein geschützt waren, nicht entfernt werden konnten und schlecht durchgeglüht waren. Die

Holz	KWh/rm	KWh/kg	Eigenschaften
Eiche	2100	4.2	hart, langanhaltende Glut, enthält Gerbstoffe
Rotbuche	2100	4	hart, langanhaltende Glut
Birke	1900	4.3	hart, ätherische Öle, gute Flamme
Erle	1500	4.1	weich, brennt gut an, ähnlich wie Birke
Fichte	1500	4.5	weich, langflamig Funkenflug, schnell anbrennend
Pappel	1500	4.1	weich, brennt gut an, raschwüchsig

**Fig. 21**

Brennwerte und Brenneigenschaften der wichtigsten Hölzer aus den zwei Öfen und der Grube Pos. 1843. Die Angaben gelten für trockenes Holz und variieren je nach Quelle leicht. Grundlage: <http://www.forstservicefuchs.de/pdf/Brennwerte.pdf> (23.10.2015).

Kanten haben sich möglicherweise unter nachträglichem Wassereinfluss abgerundet.

In Kempraten wurden die Kalköfen also mit gemischem Holz aus lokalem Bestand befeuert, wie es in Fundstellen europaweit beobachtet werden kann.<sup>85</sup> Ob die Mischung von weichen, energiearmen und harten energiereichen Hölzern absichtlich ist und für den Brennvorgang von Bedeutung war, wie es manche Autoren diskutieren,<sup>86</sup> möchte ich offen halten. Wir wissen wohl zu wenig über diese Art der handwerklichen Techniken in der Römerzeit.

## 4 Datierung

Das meiste Fundmaterial aus dem Umfeld der beiden Öfen stammt aus dem nachofenzeitlichen Reduktionshorizont, bzw. aus der sekundären Verfüllung von Ofen 2, seine Aussagekraft ist deshalb eingeschränkt. Darunter fanden sich neben römischen Funden<sup>87</sup> auch vereinzelt neuzeitliche glasierte Scherben, die zeigen, dass diese Schichten durchmischt sind (Biotaurbation/Landwirtschaft).<sup>88</sup> Ebenfalls aus dem Reduktionshorizont stammt die Münze Inv. 53.055.1181.001. Es handelt sich um ein As des Augustus (7–6 v. Chr.).

Die Öfen selbst waren praktisch fundleer. In der Benutzungsschicht von Ofen 1 (Po. 1881), unter der Verfüllung

der Küche, fanden sich jedoch mehrere Fragmente eines grobkeramischen handgemachten Topfes, die teilweise mit gelöschem Kalk überzogen waren (Fig. 22; Inv. 53.055.1232.002–5/53.055.1234.001–3). Dieser Topf dürfte während der Benutzung der Öfen in den Boden gekommen sein. Der flächig mit Fingertupfendekor verzierte Topf weist einen geglätteten, nach aussen ziehenden Rand auf. Ein vergleichbarer Topf kam bei der Ausgrabung Kempraten, Fluhstrasse 6, zum Vorschein und kann dort in die Mitte des 1. Jh. datiert werden.<sup>89</sup>

Um diese Datierung abzusichern, wurden aus jedem Ofen vier Holzkohlen (zwei pro Feuerraum)<sup>90</sup> <sup>14</sup>C-analysiert. Die kalibrierten Messdaten geben die Zeitspannen an, die für die gemessenen Holzkohlen in Frage kommt (Fig. 23).<sup>90</sup> Die jeweils jüngste Probe gibt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95.4 % eine Zeitspanne von 50 v. Chr. bis 8 n. Chr. für die Datierung von Ofen 1 und von 20 v. Chr. bis 130 n. Chr. für Ofen 2 an.<sup>91</sup> Die Probenserie bestätigt eine Datierung ins mittlere 1. Jh.<sup>92</sup>

## 5 Synthese und Diskussion

### 5.1 Vergleiche mit weiteren Öfen mit Schnauze

Die beiden Kalköfen von Kempraten gehören zu den in der Antike üblichen Öfen mit Schnauze. In seinem Traktat

über die Landwirtschaft beschreibt der römische Senator Cato (234–149 v. Chr.) den Aufbau solcher Brennöfen:

*«Den Kalkofen mache 10 Fuss breit, 20 Fuss hoch, die oberste Breite ziehe bis auf 3 Fuss zusammen. Wenn du mit nur einem Schürloch brennen willst, mache inwendig ein grosses Loch, damit Raum genug ist, der die Asche aufnehmen kann, damit man sie nicht nach aussen herausschaffen muss, und baue den Ofen gut; mache, dass der Rost den ganzen unteren Teil des Ofens einnimmt. Wenn du mit zwei Schürlöchern brennen willst, ist eine Vertiefung nicht nötig; wenn die Asche herausgeholt werden muss, hole sie beim einen Schürloch heraus, im andern brennt das Feuer weiter. Hüte dich, das Feuer ausgehen zu lassen, so dass es nicht immer brennt, hüte dich, dass es weder bei Nacht noch zu irgendeiner Zeit ausgeht. Gib in den Ofen guten Kalkstein, möglichst weissen, möglichst wenig bunten. (...) Wenn du den Ofen machst, mache, dass du den Schlund steil abwärts laufen lässt; sobald du tief genug gegraben hast, lege dem Ofen seinen Grund, damit er möglichst tief liegt und möglichst wenig dem Wind ausgesetzt ist. Wenn du nur einen Platz hast, wo du einen zu wenig tiefen Ofen machen kannst, so stelle den obersten Teil aus Ziegelstein darüber oder aus Bruchsteinen mit Mörtel her und verschmiere den Aufsatz von aussen. Wenn*

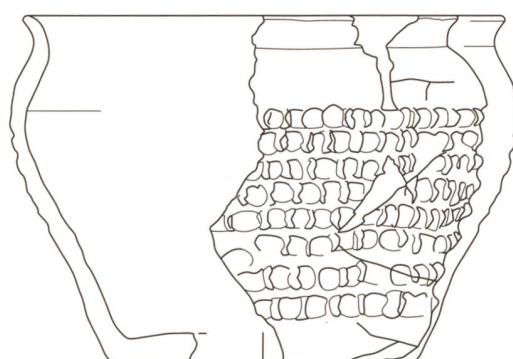


Fig. 22

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese, Ofen 1: Grobkeramischer Kochtopf mit flächigem Fingertupfendekor aus der Ofenküche. Inv. 53.055.1232.002–5/53.055.1234.001–3. M. 1:3.

*du unten das Feuer angemacht hast und wenn eine Flamme anderswo ausschlägt als durch die runde Öffnung oben, verstreiche solche Stellen mit Mörtel. Gib acht, dass der Wind nicht ins Schürloch bläst; hierbei hüte dich am meisten vor dem Südwind. Dies wird das Zeichen sein, wenn der Kalk gebrannt ist: die obersten Steine müssen gebrannt sein; ebenso werden die untersten Steine gebrannt zusammenfallen und die Flamme wird weniger rauchig herausschlagen.»<sup>93</sup>*

Dieser Beschreibung sind zwar Angaben zur Grösse der Öfen und zu einzelnen Konstruktionsdetails zu entnehmen. Es handelt sich dabei allerdings um die einzige überlieferte Beschreibung aus der Antike. Deshalb muss zur Beurteilung der römischen Kalkbrennerei und dem Aussehen der Öfen vorwiegend auf

archäologische Quellen zurückgegriffen werden. Kalköfen finden sich zwar relativ häufig, sie werden aber meist stiefmütterlich behandelt und, wenn überhaupt, unzureichend publiziert. Ein weiteres Problem stellt die schwierige Datierbarkeit der häufig fundarmen Öfen dar, v.a. bei Altfunden ohne <sup>14</sup>C-Analysen.

Eine umfassende Analyse der Kalköfen aus römischer Zeit würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen. Deshalb wird im Folgenden nur an ausgewählten, gut untersuchten Beispielen aus Iversheim D, Nespouls F, Eritrea GR, Attiswil BE und Gamsen VS der Aufbau (römischer) Kalköfen exemplarisch vorgestellt (Fig. 24 und 30). So lassen sich einzelne Konstruktionselemente sowie Besonderheiten der Kempratener Öfen vergleichen und herausarbeiten.

In der Regel sind die Öfen rund und zylindrisch und ihr Durchmesser variiert zwischen 1.5 m und 4 m (Fig. 24).<sup>94</sup> Die Vergleichsbeispiele von Iversheim, Attiswil und Gamsen sind in dieser Hinsicht typisch. Wenn möglich nutzen die Öfen das abfallende Terrain wie in Kempraten und sind teilweise in den Hang gegraben (vgl. auch Iversheim, Attiswil und Gamsen). Als Widerlager für das Brenngut diente manchmal eine umlaufende Bank, die beim Aushub des Ofens im anstehenden Untergrund stehengelassen wurde,

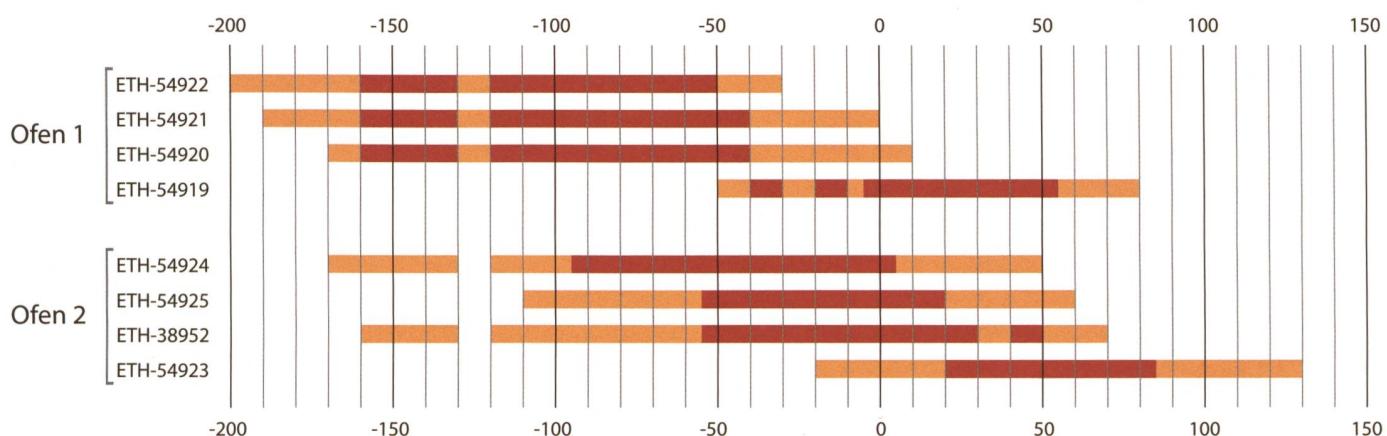
wie in Kempraten Ofen 1, Iversheim oder Gamsen. Bei Ofen 2 in Kempraten ist die Ofenbank, ähnlich wie in Attiswil, aus gesetzten Kalksteinblöcken konstruiert. Anders als bei den Kempratener Öfen konnte der Brennraum situativ mit einer Mauerschale ummantelt sein (vgl. Iversheim, Gamsen oder das obige Zitat von Cato).<sup>95</sup>

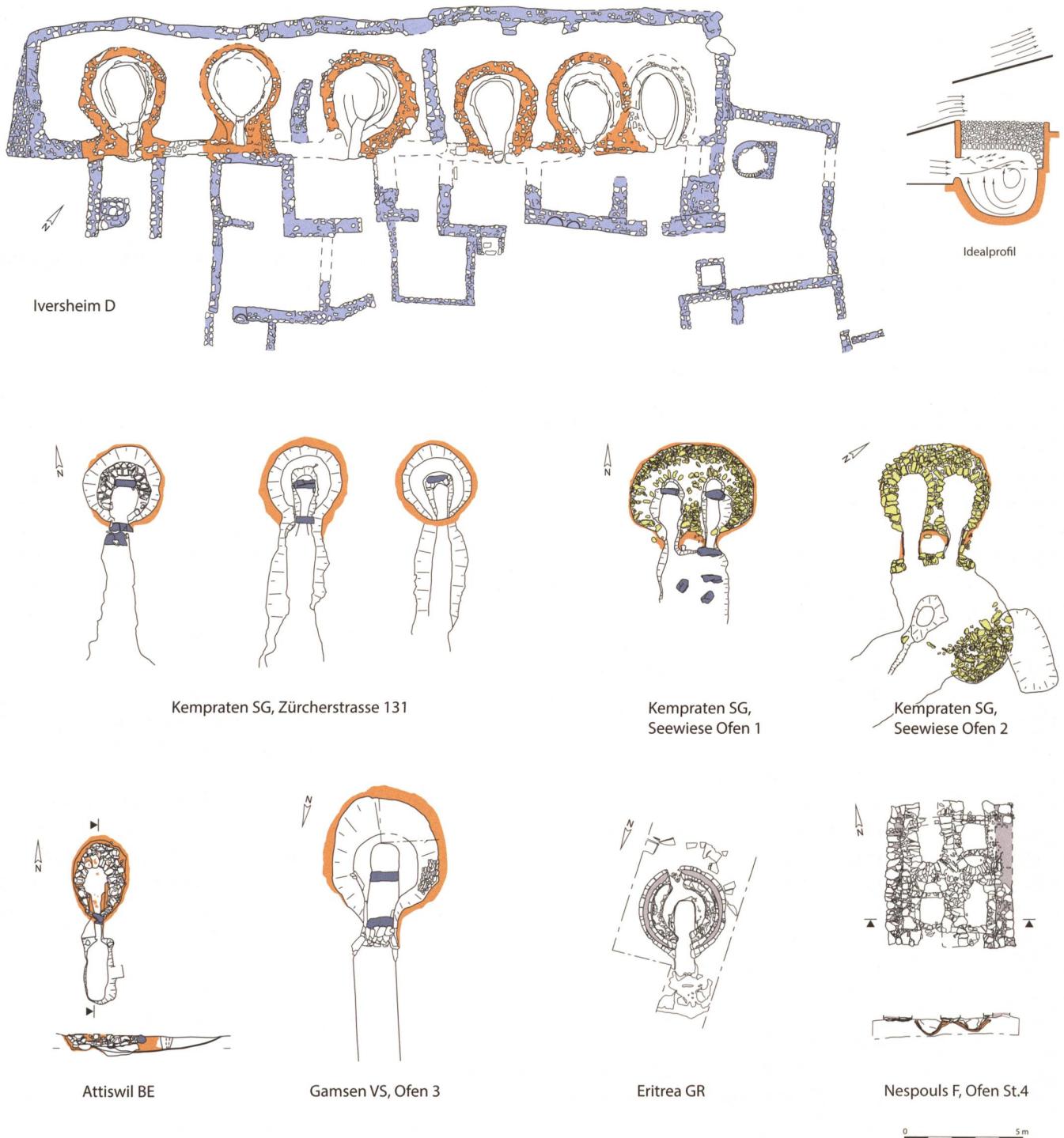
Grob lassen sich die Öfen aufgrund der Lage und der Form des Feuerraumes in zwei unterschiedliche Typen unterteilen.<sup>96</sup> Eine ähnliche Unterscheidung scheint bereits Cato gemacht zu haben. In der Regel liegen die Küche, die Schnauze und der Feuerraum der Öfen ungefähr auf der gleichen Höhe. Die Küche ist dabei meist zumindest teilweise ebenfalls in den Untergrund eingetieft, damit sie auf der Höhe der Feuerräume zu liegen kommt. Nach diesem Prinzip sind die Öfen von Kempraten, Attiswil und Gamsen (frühmittelalterlich) aufgebaut.<sup>97</sup> Diese Form scheint in der römischen Zeit am verbreitetsten gewesen zu sein.

Ein anderes Konstruktionsschema findet sich beispielsweise bei der Ofenbatterie von Iversheim. Hier liegt der Feuerraum im Vergleich zur Schnauze jeweils gegen 2 m tiefer.<sup>98</sup> Das Bodenniveau der Küche und der Schnauze ist also klar über dem Feuerraum angeordnet (Fig. 24).

Fig. 23

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Spanne der kalibrierten <sup>14</sup>C-Datierungen der Holzkohlen aus den Brennkammern der Öfen 1 und 2. Rot: 1-Sigma-Bereich (Wahrscheinlichkeit von 68.2%); orange: 2 Sigma-Bereich (Wahrscheinlichkeit von 95.4%). Kalibriert mit OxCal v3.10.





Die so entstandene tiefe Grube im Ofen dürfte zur Aufnahme der Asche während des Brandes gedient haben, da das Leeren der Feuerkammer während des Betriebes kaum möglich war.<sup>99</sup>

Die Feuerräume sind in der Regel der Ofenform folgend rund resp. birnenförmig (Fig. 24), können jedoch wie in Kempraten bei Ofen 1 kanalförmig sein. Das aussergewöhnliche an den Feuerräu-

**Fig. 24**  
Verschiedene römische Kalköfen im Vergleich. M. 1:250.

men der beiden Kempratener Öfen ist jedoch nicht deren Grundriss, sondern deren Doppelung, denn beide Öfen sind mit jeweils zwei nebeneinanderliegenden Schnauzen und Feuerräumen ausgestattet. Zu dieser Eigenheit sind bisher kaum Vergleiche bekannt.

Das Zitat von Cato ist zwar nicht eindeutig, aber er erwähnt explizit Kalköfen mit zwei *praefurnia* (Schnauzen). Öfen mit zwei übereinanderliegenden Öffnungen sind allerdings bekannt. Der von Cato beschriebene Arbeitsablauf, aus einem *praefurnium* wird die Asche entnommen, während gleichzeitig im anderen das Feuer weiterbrennt, deutet aber auf die Anlage von zwei Schnauzen mit jeweils separaten Feuerräumen hin.

Vereinzelt kennt man Öfen mit zwei Feueröffnungen, die jedoch einander gegenüberliegen und in einen gemeinsamen Feuerraum führen, wie beim römischen/byzantinischen Ofen von Eritrea (Fig. 24).<sup>100</sup> Eine solche Anlage erlaubt es, während des Brandes laufend die Asche zu entfernen, wie von Cato empfohlen.

Ein Ofen mit mehreren Brennkammern wurde vermutlich in Nespouls dokumentiert (Fig. 24). Eine 4m auf 5.5–6m grosse Konstruktion aus Kalksteinen umfasst vier längliche Gräben, deren Wände Brandrötungen zeigen und die mit Holzkohle bzw. Asche sowie Kalk verfüllt sind. Die ganze Konstruktion scheint von einer Mauer eingefasst zu sein. Die Autoren gehen von zwei kleinen, paarweise angeordneten Organisationseinheiten in Form von einfachen Grubenöfen aus.<sup>101</sup> Da vom Ofen jedoch kaum Aufgehendes erhalten ist, bleibt eine Interpretation schwierig. Im Vergleich mit den Öfen von Kempraten kann der Befund in Nespouls auch folgendermassen interpretiert werden: Die Steinkonstruktion dürfte als Ofenbank gedient haben und die vier Gräben wären als Feuerräume zu interpretieren. Bei der Mauer würde es sich um die

Begrenzung des Brennraumes handeln, die massiv konstruiert werden musste, da der Ofen kaum eingetieft war. Der Ofen hätte also von zwei Seiten mit jeweils zwei Feuerräumen bedient werden können. Beim Ofen aus Nespouls würde es sich um eine der raren Parallelen zu den Kempratener Öfen handeln.<sup>102</sup>

In Ofen 1 in Kempraten wurden den Feuerraum überspannende Sturzsteine dokumentiert. Solche Steine sind, wohl aufgrund der Erhaltung, nur vereinzelt in Kalköfen nachgewiesen. Bei den beiden frühmittelalterlichen Kalk-/Gipsöfen 3 und 5 von Gamsen fanden sich in der hinteren Hälfte des Feuerraumes ebenfalls solche Steine (Fig. 24).<sup>103</sup> Sie werden dort als Auflager des Holzgerütes für den Bau des Himmels interpretiert.<sup>104</sup>

Ein ähnlicher Sturz lag im Kempratener Ofen 1 über der Schnauze. Er war nur noch auf der östlichen Seite erhalten. Anders als zu erwarten, stützte er nicht die Ofenwand über der Schnauze, sondern teilte die Einfeuerungsöffnung klar in zwei Ebenen. Eine ähnliche Konstruktion ist auch in Attiswil nachgewiesen (Fig. 24).<sup>105</sup> Bei entsprechender Erhaltung scheinen solche Sturzsteine jedoch häufiger vorzukommen.<sup>106</sup> Sowohl in Kempraten als auch in Attiswil ist die Öffnung unter der Schnauze mit ca. 40cm relativ klein und kaum zum Bedienen des Ofens geeignet.<sup>107</sup> Zwar ist der obere Abschluss der Schnauzen meist nicht erhalten, aber der Vergleich mit gut erhaltenen Öfen zeigt, dass die Einfeuerungsöffnung jeweils wesentlich höher war.<sup>108</sup>

Solche waagrechten Stürze teilen die Schnauze in das obere Feuerloch und das untere Zugloch, wie Vergleiche mit neuzeitlichen und noch betriebenen Öfen zeigen. Der Sturz dient als Auflager, um die Hölzer schräg im Ofen stehen zu lassen. Auf diese Weise kann die Luft durch die untere Zugöffnung an das Brenngut ziehen und gleichzeitig lässt sich während des Betriebes die Asche

unter den brennenden Hölzern aus dem Ofen ziehen.<sup>109</sup> Auch die Sturzsteine in den Feuerräumen dürften als Auflager für das lange Feuerholz gedient haben.

Der Hitzeschild von Ofen 2 (Pos. 1833) wies seitlich zwei vertikale Stufen auf, die wohl funktionale Gründe haben. Vereinzelt finden sich bei römischen Kalköfen seitlich der Schnauzen Hinweise auf Konstruktionen, beispielsweise beim Ofen von Attiswil in Form von zwei Pfostenstellungen (Fig. 24).<sup>110</sup> Es könnte sich dabei um Reste eines Schutzdachs, einer Wandverstärkung oder, wie bei Attiswil vermutet, einer Einrichtung zum Verschliessen der Schnauze handeln.<sup>111</sup> Letzteres dürfte wohl beim Befund in Kempraten zutreffen. Ein Verschluss der Schnauze war nötig, damit der Kalkstein nach dem Einstellen des Feuers nicht zu schnell auskühlte. Im archäologischen Befund lässt sich dies vereinzelt anhand von zugemauerten Feueröffnungen nachweisen.<sup>112</sup>

Das auffälligste Merkmal der beiden Öfen in Kempraten ist sicher deren Konstruktionsweise mit zwei Feuerräumen und zwei Schnauzen. Auf gleiche Weise oder ähnlich konstruierte Öfen sind, abgesehen vom Ofen mit vier Feuerräumen aus Nespouls (Fig. 24), bisher kaum archäologisch nachgewiesen.<sup>113</sup> Primär dürfte die Form praktische Gründe gehabt haben. Eine Doppelung der Feuerräume erlaubt einen grösseren Ofengrundriss, denn ab einer gewissen Grösse lässt sich die Hitze im Ofen mit mehreren Feuerräumen wesentlich besser verteilen und kontrollieren.<sup>114</sup> Somit ist die Produktion von einer grösseren Menge Branntkalk in einem Brand möglich.

Weitere Erklärungsmöglichkeiten für den singulären Grundriss der Kempratener Öfen sind in Betracht zu ziehen. Beim momentanen Forschungsstand bleiben sie jedoch hypothetisch.

Einerseits können chronologische Gründe postuliert werden. Mit einer

gesicherten Datierung in die Mitte des 1. nachchristlichen Jahrhunderts handelt es sich bei den Kempratener Öfen um seltene Beispiele von klar in diesen Zeitraum oder älter datierten Öfen. Die Mehrzahl der untersuchten römischen Kalköfen ist jünger oder lässt sich zeitlich kaum präzis einordnen.<sup>115</sup> Auch der vergleichbare Ofen mit vier Feuerräumen von Nespouls dürfte aufgrund der <sup>14</sup>C-Analyse ins erste Jahrhundert datieren.<sup>116</sup> Noch älter ist der Beleg bei Cato, falls seine Beschreibung richtig verstanden wird.

Andererseits wäre denkbar, dass (zugewanderte) Handwerker das Wissen für diese Ofenkonstruktion in die Region brachten. Darauf liegen jedoch, insbesondere mangels lokalisierbaren Vergleichsbeispielen, keine Hinweise vor. Nicht zu vernachlässigen ist weiter die Innovationskraft, die unter bestimmten, heute nicht mehr nachvollziehbaren Bedingungen einen einzigartigen Konstruktionstyp hervorbringen kann. Die drei Kalköfen von Kempraten, Zürcherstrasse 131 weisen im Gegensatz zu den-

jenigen der Seewiese die übliche Konstruktionsweise mit nur einer Schnauze und einem Feuerraum auf.

### 5.2 Rekonstruktion und Überlegungen zum Betrieb

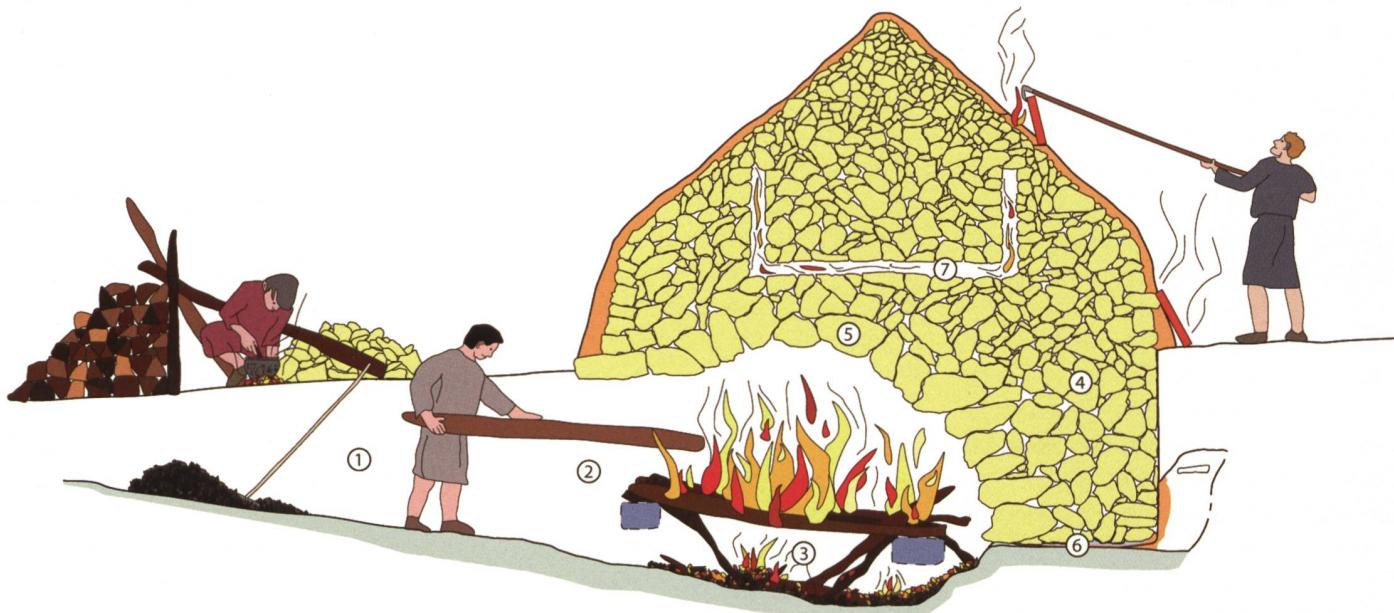
Von beiden Öfen ist die aufgehende Konstruktion zwar nicht mehr erhalten, trotzdem erlauben die freigelegten Befunde eine hypothetische Rekonstruktion und Überlegungen zu deren Betrieb (Fig. 25). Es ist davon auszugehen, dass das Brenngut direkt in den ausgehobenen Brennraum geschichtet wurde, da keine Anzeichen auf eine Verstärkung der Ofenwand beobachtet wurden. Also dürfte auch das Aufgehende des Ofens nicht in Form eines gemauerten Zylinders oder Kegels konstruiert gewesen sein. Man dürfte die Kalksteine vielmehr bei jedem Brand neu als kegelförmigen Meiler aufgeschichtet haben. In diesem Fall muss das Brenngut aussen jeweils abgedichtet werden, indem man beispielsweise die Aussenseite mit Lehm ausstrich.<sup>117</sup> Für die spätere Kontrolle des Zuges im

Meiler müssen dabei Öffnungen in diesem Mantel angelegt werden. In den Verfüllungen der Öfen, insbesondere der Feuerräume und dem ausplanierten Material in der Küche<sup>118</sup> von Ofen 2, fanden sich viele Reste von verziegeltem Lehm, die wohl von der entsprechenden Abdichtung zeugen.<sup>119</sup>

Bevor man das Brenngut aufschichtete, wurde über jedem Feuerraum ein eigenes Gewölbe (Himmel) aus grösseren Steinen konstruiert. Die Erfahrungen mit einem in Betrieb stehenden Ofen im Freilichtmuseum Ballenberg zeigt, dass es beim Aufbau des Gewölbes ausreicht,

Fig. 25

Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese: Rekonstruktionsvorschlag zu Ofen 1; Längsschnitt, (vgl. Abb. 6 oben). Küche (1), Einfeuerungsöffnung/Schnauze mit Zug- und Feuerloch (2), Feuerraum/Hölle (3), Brennraum (4), Himmel (5), Ofenbank (6), Zugröhren/Pfeifen (7). M. ca. 1:65.



einzelne Steine punktuell abzustützen und der Einbau eines Leergerüsts nicht nötig ist.<sup>120</sup>

Über den Gewölben wurde das Brenngut aufgetürmt. Die Reste der letzten Beschickung in Ofen 1 und die Steine der Schutthalde<sup>121</sup> lassen darauf schliessen, dass die Kalksteine in der Regel zwischen 20 und 40 cm lang bzw. breit waren. Für jede Ofencharge wurde eine einheitliche Grösse und gleichmässige Qualität des Rohmaterials ausgesucht. Ansonsten ist ein gleichmässiger Brand schwierig, da sich die Brenntemperatur der Steine unterscheidet und das Brenngut unterschiedlich reagiert.<sup>122</sup>

Der innere Aufbau der römischen Meiler bleibt erhaltungsbedingt unbekannt. In Analogie zu den heutigen Feldofenbränden im Freilichtmuseum Ballenberg BE kann davon ausgegangen werden, dass zwischen die Steine Hölzer gesetzt wurden. Die Hölzer werden dabei idealerweise sternförmig in den Ofen gelegt und/oder am Rand daran anschliessend senkrecht stehend eingebaut.<sup>123</sup> Sie verbrannten beim Einheizen und liessen so Zugröhren (Pfeifen) offen.

Die bestimmende Komponente für die Höhe eines Kalkofens ist die Höhe der Schnauze. Bei einem Verhältnis der Öffnung zur Ofenhöhe von 1:3 ist der Zug im Ofen ideal.<sup>124</sup> Die Schnauze von Ofen 1 war noch fast 80 cm hoch erhalten, dürfte ursprünglich aber wesentlich höher gewesen sein; man kann wohl von rund 1.5 m ausgehen.<sup>125</sup> Das würde eine Gesamthöhe von 4.5 m bedeuten. Cato schreibt gar von Höhen von 6 m.<sup>126</sup> Dies erlaubt für Ofen 1 eine hypothetische und moderate Schätzung der Produktionskapazität von 50 m<sup>3</sup> pro Brand.<sup>127</sup> Zusätzlich ist von einem mehrmaligen Betrieb auszugehen. Schätzt man, dass ein Brand bei dieser Grösse etwa eine Woche dauerte, ergibt sich mit Aufbau und Abbau des Ofens ein Produktionszyklus von zwei bis drei Wochen.<sup>128</sup> Selbst die Produkti-

onskapazität während eines saisonalen Betriebes in den Sommermonaten war also beträchtlich.

Nach der Inbetriebnahme des Ofens konnte das Brennholz durch die obere Öffnung der Schnauze, dem Feuerloch, laufend nachgelegt werden. Vermutlich dienten dabei die Sturzsteine in Feuerraum und Schnauze als Auflager. Dies bedeutet, dass das Brennholz mindestens 2.5 m lang gewesen sein muss.<sup>129</sup> So lag das Holz nicht direkt auf der Kohle und die durch das untere Zugloch ziehende Luft hielt das Feuer am Brennen. Aufgrund der guten Luftzufuhr bildeten sich lange Flammen, die durch den ganzen Brennraum loderten.

Das Feuerholz wurde wohl in der Umgebung, in den Wäldern rund um den Zürich- und Obersee sowie der Linth-ebene geschlagen, wie die Untersuchung der Holzkohlen aus den Öfen zeigt. Danach konnte das Holz ressourcensparend über den See geflossen werden. Der Bedarf an Feuerholz muss enorm gewesen sein. Geht man von einem Mindestaufwand von 1.5 Ster Holz pro Kubikmeter Kalk aus, wurden für eine geschätzte Ofencharge von 50 m<sup>3</sup> rund 75 Ster Holz benötigt.<sup>130</sup> Das Holz musste im Vorfeld getrocknet werden, um eine ideale Brenntemperatur und genug Flammen zu gewährleisten.

Die während des Betriebes anfallende Holzkohle musste laufend aus dem Feuerraum entfernt werden. Sie wurde anschliessend wohl in der Umgebung zur Weiterverwendung aufbereitet oder entsorgt. Grube Pos. 1873 (Fig. 10) dürfte davon zeugen.

Diese Überlegungen zum Betrieb der Öfen zeigen, dass mit einer grossen Produktion zu rechnen ist und die Logistik (Bereitstellen der Rohstoffe) und der Betrieb viel Planung und Fachwissen erforderten. Es stellt sich deshalb, insbesondere aufgrund der frühen Datierung der beiden Öfen, die Frage, wozu der Kalk verwendet wurde.

### 5.3 Verwendung des Branntkalkes in Kempraten

Eine Verwendung des in Kempraten gebrannten Kalkes würde man an erster Stelle im Baugewerbe sehen. Allerdings gehören die beiden in der Seewiese freigelegten Kalköfen in die Anfangszeit der römischen Siedlung in der Mitte des 1. Jh. n. Chr. Die gleichzeitigen Wohn- und Gewerbegebäuden bestanden gemäss derzeitigem Kenntnisstand nicht aus vermörtelten Steinmauern, sondern es handelte sich um Holz- und Holz-Lehmkonstruktionen. An der Fluhstrasse 6–10, wo die holzbauzeitliche Bebauung bislang am besten untersucht ist, konnte trotzdem der bauliche Einsatz von Branntkalk festgestellt werden. So bestanden schon in den ältesten Bauphasen kurz vor der Mitte des ersten nachchristlichen Jahrhunderts Mörtelböden, welche auf ein Steinbett gegossen worden waren.<sup>131</sup> Auch war nachweislich zumindest ein Teil der Wände verputzt.<sup>132</sup> Allgemein darf davon ausgegangen werden, dass Außenwände mit Lehmausfachungen zum Schutz vor der Witterung resp. zur besseren Beständigkeit mit einem Kalkputzauftrag versehen waren.<sup>133</sup> Ebenfalls gut vorstellbar ist, dass Innenräume mit einer Kalktünche bestrichen waren, um damit die Räume aufzuhellen. Ausserdem wirkt Kalk antibakteriell – ein Nebeneffekt, dessen man sich gerne in hauswirtschaftlich, aber besonders auch in landwirtschaftlich genutzten Räumen bediente.<sup>134</sup>

Rechnerisch lassen sich die für einen Mörtelboden benötigten Mengen an Branntkalk abschätzen. Damit verbunden sind jedoch einige Unsicherheiten, da insbesondere die Grössen der holzbauzeitlichen Räume unbekannt sind. Als Ansatz wird eine Raumgrösse von 20 m<sup>2</sup> angenommen.<sup>135</sup> Die Mächtigkeit des Mörtelstriches auf der Steinsubstruktion liegt bei rund 10cm. Es wird also für einen Raum 2 m<sup>3</sup> Mörtel als Baumate-

rial benötigt. Aus antiken Quellen geht hervor, dass eine Mörtelmischung aus einem Teil Kalk und zwei bis drei Teilen Kies- und Sandzuschlag bestand.<sup>136</sup> Somit ist rund ein halber bis zwei Drittel Kubikmeter Kalk für die Ausstaffierung eines Raumes nötig.

Auch wenn also im römischen Kempraten selbst einige frühe Nachweise von Branntkalk bei Bauten bekannt sind, so ist dennoch an weitere Einsatzfelder zu denken. Die beiden bekannten Öfen der Seewiese dürften jeweils mehr als einmal beschickt worden sein, was mit einem geschätzten Austoss von rund 50 m<sup>3</sup> Branntkalk pro Ofencharge eine grosse Menge an Rohmaterial erzeugte.

Grosse Mengen an Branntkalk könnten vom Strassenbau verschlungen worden sein. Schon seit dem ersten vorchristlichen Jahrhundert wurde nördlich der Alpen Branntkalk zur Festigung von Strassenkörpern eingesetzt.<sup>137</sup> In römischer Zeit sind die Belege von kalkgefestigten Strassen häufiger.<sup>138</sup> Vermutlich bot der Ausbau der Strasse von Kempraten durch das Zürcher Oberland nach *Vitudurum*, dem römischen Oberwinterthur ZH, kurz vor der Mitte des 1. nachchristlichen Jahrhunderts den Anlass, dass in Kempraten eine kleinstädtische Siedlung, ein *Vicus*, entstand.<sup>139</sup> Allerdings steht der archäologische Nachweis dieser Strassentrasse noch aus, sodass die Verwendung von Kalk am Strassenkörper selbst nicht überprüft werden kann. Der Bau einer solchen Überlandstrasse war auf jeden Fall ein staatlich organisiertes Unterfangen. Stünden die beiden Kalköfen der Seewiese in einem solchen Kontext, so könnte auch ihr Betrieb staatlich kontrolliert gewesen sein.

Die antiken Autoren berichten über ein weites Einsatzfeld von Branntkalk ausserhalb des Bauwesens. In der Landwirtschaft wurde er zur Düngung der Böden eingesetzt. Besonders bei sauren Böden vermochte die Kalkdüngung eine

Ertragssteigerung zu bewirken.<sup>140</sup> Mit der Siedlungsentwicklung vom *Vicus* von Kempraten setzte wohl auch die verstärkte Besiedlung des Hinterlandes ein. So entstanden vermutlich ab der Mitte des 1. Jh. n. Chr. bei Wagen, Salet und bei Busskirch (beide Rapperswil-Jona) Gutshöfe. Ein Nachweis einer solchen Düngung der Wiesen und Felder ist allerdings schwer zu erbringen, auch wenn es sich um eine verbreitete Massnahme gehandelt haben dürfte.

Auch in verschiedenen Gewerben fand Branntkalk Verwendung. So wurden namentlich in der Gerberei Tierhäute in Kalkmilchbädern eingelegt, damit sich die Haare lösten und ein weiches Leder entstand.<sup>141</sup> Branntkalk wurde außerdem in der Konservierung von Lebensmitteln eingesetzt.<sup>142</sup>

Der Vollständigkeit halber sei auf den Einsatz von Branntkalk in medizinischem und kosmetischem Kontext als Ätzmittel, Bestandteil von diversen Heilmitteln oder etwa als Haarfärbemittel verwiesen.<sup>143</sup> Dafür kamen wohl nur sehr reine Kalke in Frage, was im Fall der Kempratener Produktion nicht gewährleistet war.

Vor dem Hintergrund des grossen Ausstosses der Öfen darf nebst den angeführten Verwendungszwecken auch eine für den Handel bestimmte Produktion angenommen werden. Branntkalk wurde bevorzugt über den Wasserweg transportiert und nur, wenn es nicht anders möglich war, über den Landweg.<sup>144</sup>

#### **5.4 Ausblick: Die Öfen der Zürcherstrasse 131**

Das Handwerk des Kalkbrennens war in Kempraten nicht nur auf die Mitte des 1. Jh. n. Chr. beschränkt. Wie eingangs erwähnt, wurden im Sommer 2015 an der Zürcherstrasse 131 drei nebeneinander liegende Kalköfen ausgegraben.<sup>145</sup> Diese lagen in einer Entfernung von ca. 170 m von den Öfen der Seewiese und nur wenige Meter vom Seeufer entfernt

(Fig. 2). Aufgrund des derzeitigen vorläufigen Kenntnisstandes waren sie an der Wende vom 1. zum 2. Jh. in Betrieb und somit rund ein halbes Jahrhundert jünger als die Öfen der Seewiese.

Die drei Öfen waren parallel zueinander angelegt. Bei ihrem Bau nutzte man die natürliche Hangsituation aus (Fig. 24 und 26) und trieb die Küchen von Süden, d.h. vom See her, in den Fels vor (Fig. 27). Der Fels besteht aus einer Wechsellagerung von Nagelfluh und Sandstein. Im östlichsten und ursprünglich wohl auch im mittleren Ofen wurde der hoch aufstossende Sandstein als Sturz über der Einfeuerungsöffnung belassen (Fig. 28), beim westlichen und sekundär auch beim mittleren Ofen musste diese künstlich überspannt werden.

Die drei Öfen der Zürcherstrasse gehören ebenfalls zum Typ mit Schnauze. Diese war zusätzlich durch einen Sturz in ein unteres Zugloch und ein oberes Feuerloch unterteilt (Fig. 27 und 29). Auf der Höhe des Mittelsturzes in der Einfeuerungsöffnung war die zirkuläre Ofenbank aus dem Fels geschrötert. Der Feuerraum besass eine flache, zur Küche hin leicht abfallende Sohle. So konnte das aus dem Fels tretende Wasser abfliessen. Im hinteren Teil der Hölle überspannte jeweils ein zweiter Steinsturz den Feuerraum. Zusammen mit dem die Einfeuerungsöffnung unterteilenden, quer liegenden Quader bildete er einen Rost zur Auflage des langen Brennholzes.

Die Aussenniveaus der Öfen waren nicht mehr erhalten. Somit kann nur der Minimalwert von 1.5–1.9 m bis zur Ofenbank resp. von 2.0–2.4 m bis zur Unterkante des Feuerraumes ermittelt werden, um den die Öfen eingetieft waren. Die stabilen Felswände machten einen festen Ausbau mit einer Mauer überflüssig. Über der Brennkammer wurde das Brenngut wohl zu einem Konus aufgeschichtet, der mit jeder

**Fig. 26**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Zürcherstrasse 131: Aufsicht auf die drei römischen Kalköfen. Unten, d.h. im Süden, die drei in den Fels vorgetriebenen Küchen, oben die eigentlichen Öfen. 3D-Scan: FKL & Partner AG

**Fig. 27**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Zürcherstrasse 131: Übersicht über den mittleren und östlichen Ofen mit den vorgelagerten, in den Fels geschrotenen Küchen. Im mittleren Ofen (links) ist der Mittelsturz, welcher die Einführung in eine obere und eine untere Öffnung unterteilt, noch erhalten. Blick nach NE.



Charge neu errichtet und anschliessend mit einem Lehmmantel abgedichtet werden musste. Dieser besass zur Regulierung des Zuges wiederverschliessbare Öffnungen. Die ursprünglich rund 1.5 m hohen Schnauzen geben einen Hinweis darauf, dass die Gesamthöhe der Öfen 4.5 m erreicht haben dürfte.<sup>146</sup> Damit lassen sich Ofenladungen von rund 22 m<sup>3</sup> errechnen.<sup>147</sup>

Untersuchungen zum Brenngut ergaben, dass zuletzt in jedem Ofen unterschiedliches Rohmaterial gebrannt wurde. Wiederum waren Meilener Kalk sowie Hombrechtikonner Wetterkalk vertreten, neu hinzu kommt Quintner Kalk aus der Walenseeregion (Quinten SG, Netstal GL). Letzterer wird heute noch gewinnbringend und in grossem Massstab abgebaut und teilweise zu Branntkalk verarbeitet.<sup>148</sup> Der Meilener und der Quintner Kalk konnten problemlos nach Kempraten verschifft worden sein, der Hombrechtikonner Wetterkalk hingegen dürfte nur wenige hundert Meter von den Öfen entfernt abgebaut und über den Landweg herbeigeschafft worden sein.



Die Kalkbrennerei der Zürcherstrasse 131 wird, wie die in der Seewiese, beachtliche Mengen an Branntkalk hergestellt haben, zumal jeder Ofen mehrere Male beschickt wurde, wie Reparaturen im Bereich der Schnauzen belegen. Die Anlage der Öfen könnte im Zusammenhang mit dem erhöhten Bedarf an Branntkalk durch die in Kempraten um

120 n. Chr. einsetzende Bauweise mit gemörtelten Steinmauern stehen.<sup>149</sup> Die Konzeption als Batterie weist aber auch hier auf eine Überschussproduktion hin, welche als Handelsware vertrieben worden war. Die Öfen wurden zwar nacheinander angelegt, waren danach aber für eine gewisse Zeit gleichzeitig in Betrieb.

**Fig. 28**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Zürcherstrasse 131: Intakt erhaltene, aus dem Sandsteinfels gearbeitet Einfeuerungsöffnung des östlichen Ofens. Der die Schnauze unterteilende Sturzstein ist nicht erhalten. Blick nach N.

**Fig. 29**

Rapperswil-Jona, Kempraten, Zürcherstrasse 131: Übersicht über den mittleren der drei Öfen mit gut erkennbarem Aufbau: Ofenbank, darauf noch unterste Schichten der letzten Charge, hinterer Sturz in Feuerkammer, Mittelsturz in Feuerungsöffnung. In der Küche steht noch der bei der Grabung notwendige Kontrollsteg zur Überprüfung der Schichtverhältnisse. Blick nach S.

## 6 Fazit

In Kempraten ist von einer grossen Kalkproduktion auszugehen, wie die Schätzungen zum Ausstoss zeigen, und dies bereits in einer Zeit, in welcher der Baustoffbedarf der Siedlung nicht allzu gross gewesen sein dürfte. Zudem scheint sich mit den Öfen in der Seewiese und in der Zürcherstrasse eine gewisse Kontinuität des Kalkhandwerks abzuzeichnen. Abschliessend ist allein schon der Nachweis von fünf Öfen im Siedlungskontext, welche nicht (ausschliesslich?) mit grösseren Umbauten innerhalb der Siedlung in Zusammenhang stehen bemerkenswert.<sup>150</sup>

In der Schweiz ist einzig mit Boncourt eine Fundstelle bekannt, welche fünf römische Kalköfen ans Licht förderte.<sup>151</sup> Bei den anderen Fundorten waren meist nur ein oder zwei Öfen entdeckt worden.<sup>152</sup> Aus der Spätantike und dem Frühmittelalter ist weiter die Kalk- und Gipsbrennerei von Gamsen mit acht Öfen über einen Zeitraum vom 4./5. bis ins 11./12. nachchristliche Jahrhundert zu erwähnen.<sup>153</sup>

Dies lässt den Schluss zu, dass die Kalkbrennerei in Kempraten ein einträgliches Handwerk war, welches aufgrund von Standortvorteilen hier betrieben worden war. Die Standortwahl der Öfen dürfte im Wesentlichen durch den einfachen Zugang zu den primären Rohstoffen Kalk und Holz, wie bei Gamsen und Iversheim,<sup>154</sup> beeinflusst worden sein. Dazu zählen auch Öfen in Städten und Siedlungen, in denen Baumaterial und Spolien älterer Gebäude zu Branntkalk verarbeitet wurde.<sup>155</sup> Es ist deshalb naheliegend, dass sich die Öfen im ländlichen Raum konzentrieren.<sup>156</sup> Die Errichtung eines Ofens in Zusammenhang mit einem konkreten Bauvorhaben ist denkbar, aber kaum nachzuweisen.<sup>157</sup> Die Lage und die Anzahl der Öfen von Kempraten scheinen in dieser Hinsicht auffällig. Steine und Brennholz konnten

hier mit verhältnismässig geringem Aufwand über den Wasserweg oder den nahen Landweg herbeigeschafft werden. Gerade die ausreichende Verfügbarkeit von Brennholz stellte einen limitierenden Faktor dar, sodass Kalköfen häufig nicht unbedingt in der Nähe von Steinbrüchen, sondern in guter Erreichbarkeit von Brennholzvorkommen betrieben wurden.<sup>158</sup>

Auch der gebrannte Stückkalk dürfte dank der verkehrsgeographisch idealen Lage am See einfach auf Schiffen zu transportieren gewesen sein. Zudem stand der Landweg nach Norden Richtung Oberwinterthur/*Vitudurum* offen, der dann aber mit Ochsenkarren mühsamer zu bestreiten war. Dass gebrannter Kalk seit der Antike über längere Strecken transportiert resp. verhandelt worden war, liegt aufgrund der meist abgelegenen Standorte der Öfen resp. ihres weitgehenden Fehlens in Siedlungskontexten auf der Hand. Ein hervorragendes Beispiel dafür ist die ganzjährig betriebene, fabrikartige Kalkbrennerei von Iversheim.<sup>159</sup> Vor diesem Hintergrund würde es nicht erstaunen, wenn in Kempraten künftig durch archäologische Grabungen weitere Kalkbrennereien zutage gefördert würden.

## 7 Kurzfassung

Während der Ausgrabungen in der Seewiese im römischen Vicus von Kempraten wurden zwei Kalköfen freigelegt, die sich zeitlich ablösen. Beide Öfen weisen mit je zwei Schnauzen und zwei Feuerräumen einen einzigartigen Grundriss auf. Die Brennkammer des älteren Ofens 1 ist in den anstehenden Lehm eingetieft. Etwa bis auf die Höhe der Ofenbank stand der Fels an, in den nur die beiden Feuerräume geschrotet wurden. In der östlichen Schnauze lag ein Sturzquader, der diese in ein unteres Zug- und ein oberes Feuerloch teilte. Ein zweiter Quader lag in

den Feuerkammern. Die beiden Stürze dürften als Auflager für das Feuerholz gedient haben. Der jüngere Ofen 2 war schlechter erhalten, da er weniger tief ausgehoben worden war. Bei seiner Anlage wurde der Brennraum des mit Schutt verfüllten Ofens 1 als Küche integriert. Als Ofenbank dienten grosse, gesetzte Kalksteinblöcke.

In den Öfen wurden in erster Linie Meilener Kalk und untergeordnet Hombréchtkonner Wetterkalk gebrannt. Beide Kalksteine stehen in Steinbrüchen der nächsten Umgebung zur Verfügung und bedürfen keiner langen Transportwege. Erst in den jüngeren Öfen von Kempraten, Zürcherstrasse 131 wurden auch regelhaft alpine Quintner Kalke vom Walensee gebrannt, welche auf dem Wasserweg herbeigeführt worden sein dürften.

In Ofen 1 wurden v.a. Pappelholz verbrannt, ausserdem Eichen-, Birken- und Erlenholz. In Ofen 2 fanden sich ausschliesslich Birke und Erle. Das Holzspektrum in Grube Pos. 1843 wird neben Eiche, Pappel und wenig Erle durch einen wesentlichen Anteil an Fichte und Rotbuche ergänzt. Die Holzkohlen legen nahe, dass das Holz für den Betrieb der Öfen in der Umgebung von Kempraten resp. des Ober-/Zürichsees geschlagen worden ist.

Überlegungen zur Produktionskapazität der beiden Öfen und zum Verwendungszweck des gebrannten Kalkes unter Einbezug der 2015 in Kempraten, Zürcherstrasse 131 freigelegten Öfen legen nahe, dass in Kempraten nicht bloss für den Eigenbedarf, sondern auch für den Export Branntkalk produziert wurde. Diese These wird durch die verkehrsgünstige Lage der Öfen am See sowie am Kreuzungspunkt verschiedener Landwege unterstützt.

## Dank

Ohne die Unterstützung verschiedener Personen wäre dieser Artikel nicht zustande gekommen. An erster Stelle möchten wir uns deshalb bei Martin Schindler, Leiter KASG, für die Möglichkeit bedanken, uns im Rahmen dieses Artikels intensiv mit Kalkbrennereien auseinander setzen zu dürfen. Viele fruchtbare Diskussionen fanden mit den Leitern der Grabung Kempraten, Zürcherstrasse 131, Sarah Lo Russo und Hannes Flück (KASG), statt. Christine Pümpin (IPNA) verhalf uns zu einem unentbehrlichen Verständnis der Befunde aus geoarchäologischer Sicht. Einen besonderen Dank möchten wir Walter Trauffer (Freilichtmuseum Ballenberg) aussprechen, der seine praktische Erfahrung um den Bau von und den Brand in Feldöfen mit uns teilte und die Öfen der Zürcherstrasse 131 begutachtete. Olivier Paccolat (TERA Sàrl, Sion) stellte uns die unpublizierten Daten zur Holzbestimmung der Öfen von Gamsen grosszügigerweise zur Verfügung. Werner H. Schoch (Labor für quartäre Hölzer, Langnau a.A.) bestätigte die Bestimmung der Hainbuche. Sebastian Bischof (KASG) unterstützte uns in grafischen Belangen und Christine Zürcher (KASG) schliesslich übernahm die kritische Durchsicht des Manuskripts.

## Fig. 30

Folgende Seiten: Tabellarische Übersicht der wichtigsten Eckdaten der zum Vergleich herangezogenen Kalköfen.

Gemeinde	Fundstel-lentyp	Entdeckungs-jahr	Datier-ung	Datierung anhand von	Grösse Brenn-kammer	Beschrieb
Rapperswil-Jona SG, Kempraten, Seewiese	Vicus	2009	Mitte 1. Jh.	Keramik / <sup>14</sup> C	5.20 x 3.70 m (Ofen 1); 4.6 x 3.8 m (Ofen 2)	Ofen 1: ovale Brennkammer in Hang gegraben (Molasse und Moränenlehm); Ofenbank aus stehen gelassenem Fels; zwei Feuerräume mit Sturzsteinen; Zwei Schnauzen auf der Längseite mit Sturzstein; Küche 3.20 x 2.20 m. Ofen 2: ovale Brennkammer; Ofenbank aus Kalksteinblöcken; zwei Feuerräume; auf längsseite zwei Schnauzen; zur Küche Hitzeschild aus Kalksteinen; Küche in Brennkammer Ofen 1 (5.20 x 3.70 m); in Küche Grube
Rapperswil-Jona SG, Kempraten, Zürcherstrasse 131	Vicus	2015	Ende 1. Jh./ Anfang 2. Jh.	Keramik	Dm. ca. 3 m (oben); bis 2.2 m (Basis)	Drei auf gleiche Weise konstruierte Öfen: runde in den Hang (Molassefels) gegrabene Brennkammer, bis 1.9 m hoch erhalten; Ofenbank aus stehen gelassenem Fels; Sturz in Feuerraum; Schnauze bis 1.5 m hoch erhalten; zwei Sturzsteine nachgewiesen; Küchen ca. 5.5 x 2.2
Iversheim D, Hohe Ley	Gewerbean-lage	1966	2./3. Jh.	Insschriften	Dm. 3 m	Birnenförmige Brennkammer mit Mantel aus Grauwacke und Ton, in Hang gegraben; Ofenbank im Untergrund stehen gelassen; Schnauze liegt etwa 2 m über der Sohle des Feuerraums; Küchen in Anbauten
Attiswil BE, Wybrun-ne, Jurastrasse	Villa rustica (?)	1996	Ende 2./1. H. 3. Jh.	Keramik / <sup>14</sup> C	2.2 x 2.3 m	In Hang gegrabene, ovale Brennkammer; Ofenbank aus Kalksteinblöcken; Sturzstein in Einfeuerungskanal auf Innenseite, Pfostenlöcher seitlich der Schnauze; Küche 2.5 x 1 m
Brig-Glis VS, Gam-sen, am Breitenweg, Ofen 3	Gewerbean-lage (?)	1987	5. Jh.	<sup>14</sup> C	3.4 x 2.7 m (Basis); 4.5 x 5 m (oberer Rand)	Birnenförmige Brennkammer mit Mantel aus Steinen, noch 2.3 m hoch erhalten, in Hang gegrabene; Ofenbank aus anstehender Erde, stellenweise mit Steinplatten abgedeckt; mittig in kanalförmigem Feuerraum ein Sturzstein; Sturzstein auf der Innenseite der Schnauze; Schnauze mit Steinen beim Brand verschlossen; Küche 6 x 2.3 m
Eritrea GR, Akropolis	Stadt	-	um 200/ Mitte 4. Jh.	Archäomagnetik, Überlegung zur Funktion	Dm. 3.6 m	Runde Brennkammer mit Mantel aus zwei Wänden, die äussere Wand stammt wohl von einer älteren Phase (eines Töpferofens?); aus Steinen aufgebaute Ofenbank; zwei axial angeordnete Einfeuerungsöffnungen
Nespouls F, Brive-Souillac, St. 4	Gewerbean-lage (?)	2005	125 v.Chr.–85 n.Chr. (86.9%)	<sup>14</sup> C	5.4 x 6 m	Rechteckiger Ofen mit Mantel aus Kalksteinen; Ofenbank aus Kalkbruchsteinen; vier Feuerräume
Boncourt JU, Grands' Combès, Ofen F2	Gewerbean-lage	2000	71–153 n.Chr. (94.4%)	<sup>14</sup> C	Dm. ca. 3.5 m	Runde, in den Hang gegrabene Brennkammer, dreiphasig, in Phase 3 Mantel aus Kalkbruchsteinen mit Lehm gebunden, 1.6 m hoch erhalten; Ofenbank in den beiden jüngeren Phasen aus Kalksteinen und Lehmbrocken von Ofenabbruch; Schnauze in jüngerer Phase ebenfalls mit Steinmauer verstärkt (Hitzeschild), in Schnauze vermutlich zwei Sturzsteine; Küche 6 x 2.5 m
Sivry-Courtry F, Brétinoust, f 220	Villa rustica (?)	1989	1. H. 2. Jh.	Keramik	Dm. 2.4 m	Runde Brennkammer in natürliche Senke gegraben, mit Mantel aus mit Lehm gebundenen Meulières (kieselhaltiger Kalksteine); Ofenbank im Untergrund stehen gelassen (ab Höhe des natürlich anstehenden Kalkfelsen); Feuerraum liegt 60 cm tiefer als die Schnauze; Schnauze 70 cm hoch (aussen); beim letzten Brand wurde die Schnauze zugemauert und nur ein quadratisches 20 cm breites Zugloch offen gelassen; Küche 4 x 1.8 m mit abgetrepptem Zugang
Vuippes FR, La Palaz	Villa rustica	1976	1. Jh. (43 n.Chr. +/- 150a)	Archäomagnetik, Thermolumineszenz	Dm. ca. 3 m	Runde, in den Hang gegrabene Brennkammer mit Mantel aus Bruchsteinen, bis 2.5 m hoch erhalten (ab Sohle Feuerraum); 40 cm hohe Ofenbank; Schnauze mit Sturzstein, noch 1.5 m hoch erhalten, seitlich mit mit Lehm gebundenen Sandsteinen und Leistenziegelfragmenten verstärkt; Küche 3.5 x 1.6 m
Windisch AG, Kö-nigsfelden	Legionslager	1981	2./3. Jh.	Legionsziegel, Archäomagnetik	Dm. 3 m (Basis); 3.40 x 3.25 m (oberer Rand)	In den Boden gegrabene, runde Brennkammer, 1 m hoch erhalten, Mantel aus Ziegelfragmenten in <i>opus spicatum</i> , mit Rollkies und Lehm hinterfüllt; im Erdreich stehen gelassene Ofenbank; Feuerraum seitlich mit geschichteten Ziegelfragmenten verstärkt, Sturzstein im Feuerraum; Schnauze möglicherweise in zwei Öffnungen unterteilt; Küche zweiphasig, in zweiter Phase Wangenmauern verstärkt

Rohstoffe	Bemerkungen	Literatur	Abbildung
v.a. Meilener Kalk, wenig Hombrechtikon Wetterkalk; Ofen 1: Pappel ( <i>Populus</i> sp.), Eiche ( <i>Quercus</i> sp.), Birke ( <i>Betula</i> sp.), wenig Erle ( <i>Alnus</i> sp.) und vereinzelt Kernobst (Maloideae), Hasel ( <i>Corylus avellana</i> ), Holunder ( <i>Sambucus</i> sp.); Ofen 2: Birke ( <i>Betula</i> sp.) und Erle ( <i>Alnus</i> sp.)	Zu Ofen 2 eine Grube (3.60 x 1.80 m), Interpretation jedoch unklar; beide Öfen älter als Steinbauphase im Vicus; ca. 170 m von den jüngeren Öfen an der Zürcherstrasse entfernt (s.u.)		Abb. 24, Abb. 5 (Ofen 1); Abb. 10 (Ofen 2)
Meilener Kalk, Hombrechtikon Wetterkalk und Quintner Kalk, in jedem Ofen anderes Rohmaterial bei letztem Brand	Vermutlich teilweise gleichzeitig in Betrieb; direkt am See gelegen		Abb. 24
Dolomit im direkten Umfeld; Weide ( <i>Salix</i> sp.) und Pappel ( <i>Populus</i> sp.)	Fabrikartige Anlage mit 6 Öfen in 30 m langen Werkhalle; daran anschliessend weitere Räume; militärischer Betrieb; Weiheinschriften (u.a. <i>magister calcarius</i> ); weitere Öfen im Umfeld	Sörlter 1970	Abb. 24
Jurakalkaufschluss im direkten Umfeld; Waldföhre ( <i>Pinus silvestris</i> )		Ramstein 2005	Abb. 24
Gips und Kalkstein im direkten Umfeld, Brand von Gips- und Kalksteinen (gemeinsam?); Berg-/Waldföhre ( <i>Pinus silvestris/mugo</i> )	Fünf Öfen am Breitenweg und drei in 200 m Entfernung bei der Waldmatte; neben Öfen mit Schnauze auch Grubenöfen ohne (nur zur Produktion von Gips); vom 4./5.-11./12. Jh.	Paccolat/Taillard 2001	Abb. 24
Kalkstein aus Abbruch Tempel	Neben Zeustempel	Demierre 2002	Abb. 24
Kalkstein; v.a. Eiche ( <i>Quercus</i> sp.), sehr wenig Hasel ( <i>Corylus avellana</i> )	Weitere 5 römische Kalköfen mit Schnauze im Umfeld sowie 3 jüngere	Besombes-Hanry 2007	Abb. 24
Kalkstein; Buche ( <i>Fagus sylvatica</i> ) und Eiche ( <i>Quercus</i> sp.)	Weitere 4 römische Kalköfen mit Schnauze im Umfeld; ebenfalls mehrphasig und in der Form vergleichbar	Demarez 2014	ohne Abbildung
Kalkstein; Holzkohle in Ofen f 220 nicht analysiert, in Ofen f 201 Eiche ( <i>Quercus</i> sp.)	In einem mit Graben umgrenzten Areal ( <i>pars rustica</i> ); zweiter älterer, baugleicher und leicht grösserer Ofen ca. 10 m davon entfernt (f 201); im direkten Umfeld der beiden Öfen vermutlich Abbau von Kalk	Suméra/Veyrat 1997	ohne Abbildung
Kalkstein	Noch Reste des letzten Ofeninhalts vorhanden (analysiert: Portlandit, Kalzit)	Spycher et al. 1981	ohne Abbildung
Vermutlich Abbruchschutt, jedoch keine Spolien	In N-Mauer eines älteren Gebäudes integriert (Küche innerhalb); Reste gelöschten Kalkes im Ofen	Maag 1982	ohne Abbildung

## Abkürzungen

Drag.	Typologie nach Dragendorff 1895
FK	Fundkomplex
g	Gramm
Inv.	Inventarnummer
M.	Massstab
N	Anzahl
Pos.	Positionsnummer (Bezeichnungssystem für archäologische Strukturen auf der Grabung)
TP	Typologie nach Ackermann 2013a

## Bibliographie

- JbAS Jahrbuch Archäologie Schweiz
- JbSGUF Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
- ACKERMANN, R. (2013a): Der römische Vicus von Kempraten, Rapperswil-Jona. Neubetrachtung anhand der Ausgrabungen Fluhstrasse 6–10 (2005–2006). Archäologie im Kanton St.Gallen 1, St.Gallen.
- ACKERMANN, R. (2013b): Der *vicus* von Kempraten, Gde. Rapperswil-Jona SG (Schweiz) – Erkenntnisgewinn nach fünf Jahren Grossgrabungen (2005–2010). In: A. Heising (Hrsg.), Neue Forschungen zu zivilen Kleinsiedlungen (*vici*) in den römischen Nordwest-Provinzen. Akten der Tagung Lahr 21.–23.10.2010, Bonn, 247–259.
- ADAM, J.-P. (1984): La construction romaine. Matériaux et techniques, Paris.
- ALBRECHT, H., SCHLUMBAUM, A., JACOMET, S. (1999): Das archäobotanische Fundmaterial. Die Holzkohlen – Ein Beitrag zur mittelalterlichen Holznutzung in der Nordwestschweiz. In: J. Pfrommer und D. Gutscher, Laufen Rathausplatz, Bern, 249–260.
- AMREIN, H., CARLEVARO, E., DESCHLER-ERB, E., DESCHLER-ERB, S., DUVAUCHELLE, A., PERNET, L. (Hrsg.) (2012): Das römerzeitliche Handwerk in der Schweiz. Bestandesaufnahme und erste Synthesen – L'artisanat en Suisse à l'époque romaine. Recensement et premières synthèses. Monographies instrumentum 40, Montagnac.
- BERNER, P. (2010): Naturwissenschaftliche Untersuchung römischer Mörtel aus Augusta Raurica. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 31, 207–264.
- BESOMBES-HANRY, A. (2007): Les fours à chaux de Nespouls (Corrèze). Aquitania 23, 207–231.
- BITTERLI-WALDOVAGEL, T., FÜRSTENBERGER, M. (2001): Kalköfen Stritteren Bärschwil SO, Dittingen.
- BÜRGISSE, H. M. (1980): Zur mittelmiozänen Sedimentation im nordalpinen Molassebecken. Das «Appenzellergranit»-Leitniveau des Hörnli-Schuttfächers (obere Süßwassermolasse, Nordostschweiz). Abhandlung zur Erlangung des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Diss. ETH 6582.
- BURGA, C. A., PERRET, R. (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter, Thun.
- CATO: Marcus Porcius Cato, De agricultura / Vom Landbau, Sammlung Tusculum, übers. und hrsg. von Otto Schönberger, München 2000.
- COLTHARD, N. (1999): Les activités artisanales gallo-romaines à Touffréville (Calvados, France), et quelques réflexions sur leur importance dans le développement du site. In: M. Polfer (Hrsg.), Artisanat et productions artisanales en milieu rural dans les provinces du nord-ouest de l'Empire romain. Actes du colloque d'Erpeldange, 4.–5. mars 1999. Monographies instrumentum 9, Montagnac, 165–183.
- COUTELAS, A. (Hrsg.) (2009): Le Mortier de chaux. Collection «Archéologiques», Paris.
- COUTELAS, A., BÜTTNER, S. (2009a): Avènement et place du mortier dans l'architecture: cas de la chaux et du mortier de chaux. In: Coutelas 2009, 11–13.
- COUTELAS, A., BÜTTNER, S. (2009b): Le mortier: définitions. In: Coutelas 2009, 13–22.
- COUTELAS, A., BÜTTNER, S. (2009c): Les mortiers de maçonnerie. In: Coutelas 2009, 75–78.
- DEMAREZ, J.-D. (2014): La production de chaux en Ajoie (Jura, Suisse) de l'époque romaine au XIXe siècle. Recherches d'archéologie et d'histoire. Cahiers d'archéologie jurassienne 34, Porrentruy.
- DEMIERRE, B. (2002): Les fours à chaux en Grèce. Journal of Roman Archeology 15, 282–296.
- DESCHLER-ERB, E. (2011): Der Basler Münsterhügel am Übergang von spätkeltischer zur römischen Zeit. Ein Beispiel für die Romanisierung im Nordosten Galliens. Band A. Materialhefte zur Archäologie in Basel 22A, Basel.
- DESCHLER-ERB, E. (2012): Kalkbrennerei / La chaffourerie. In: Amrein et al. 2012, 81–86.
- DIX, B. (1982): The manufacture of lime and its uses in the western Roman Provinces. Oxford Journal of Archaeology 1/3, 331–345.
- DRAGENDORFF, H. (1895): Terra sigillata. Ein Beitrag zur Geschichte der griechischen und römischen Keramik. Bonner Jahrbücher 96/97, 18–155.
- EBERT, H.-P. (1989): Heizen mit Holz in allen Ofarten, Staufen/Freiburg.
- ELLENBERG, H. (1986): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Stuttgart.
- FLACH, G. (1982), Les fours à chaux à l'époque gallo-romaine. Revue archéologique Sites 12, 18–21.
- GERBER, C., PORTMANN, M., KÜNDIG, C. (2002): Fours à chaux, four à fer et charbonnières dans le Jura bernois. Vestiges archéologiques médiévaux et modernes découvertes entre Moutier et Roches sur le tracé de l'autoroute A 16, 1995–1997, Bern.
- GUBLER, T. (2010) mit Beitrag von P. Nagy: Blatt Albis (134/LK1111), Erläuterungen. Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, swisstopo, Wabern.
- KALKBRENNEN (2001): Kalkbrennen. Sonderausgabe Handwerk in Zusammenarbeit mit dem Freilichtmuseum Ballenberg. Handwerk 6/2.
- HANTKE, R. UND MITARBEITER (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 112/2, 91–122.
- HELMIG, G., SCHWARZ, P.-A. (2000): Basel. Römische Hauptstrasse und Fachwerkbauten im Hof des Antikenmuseums. Archäologie Schweiz 23, 28.
- KOCH, P., SCHINDLER, M. P. (2014): Rapperswil-Jona SG, Kempraten, Seewiese, Archäologische Ausgrabung 2009–2013. Denkmalpflege und Archäologie im Kanton St.Gallen 2009–2013, St.Gallen, 106–110.
- KÜSTER, H. (1994): The economic use of Abies wood as timber in central Europe during Roman times. Vegetation History and Archaeobotany 3/1, 25–32.
- LAVERGNE, D., SUMÉRA, F. (2000): La fabrication de la chaux: une activité pérenne ou occasionnelle pendant l'Antiquité gallo-romaine? Premiers éléments de réponse. In: Arts du feu et productions artisanales. Actes des rencontres 21–22–23 octobre 1999, Antibes, 453–472.
- MAAG, R. (1983): Ein Kalkbrennofen im Legionslager von Vindonissa. Jahresberichte der Gesellschaft Pro Vindonissa 1982, 65–70.
- MARTIN-KILCHER, S. (2011): Römer und gentes Alpinae im Konflikt – archäologische und historische Zeugnisse des 1. Jahrhunderts v. Chr. In: G. Moosbauer, R. Wiegels (Hrsg.), Fines imperii – imperium sine fine? Osnabrücker Forschungen zu Altertum und Antike-Rezeption 14, Rahden/Westfalen, 28–62.
- MENEGRINI, R. (1998): Roma – Nuovi dati sul medievo al Foro e ai Mercati di Trainao. Archeologia Medievale XXV, 127–141.

- PACCOLAT, O., TAILLARD, P. (2000): Die früh- und hochmittelalterlichen Gipsbrennöfen von Gamsen (VS). Mittelalter Moyen Age Medievo Temp medieval. Zeitschrift des Schweizerischen Burgenvereins 5/4, 97–117.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora, Stuttgart.
- PLINIUS: Gaius Plinius Caecilius Secundus, Historia naturalis / Naturgeschichte.
- RAMSTEIN, M. (2005): Attiswil – Wybrunne. Römischer Kalkbrennofen. Archäologie im Kanton Bern 6B, 653–658.
- ROTH-RUBI, K., SCHALTENBRAND OBRECHT, V., SCHINDLER, M. P., ZACH, B. (2004): Neue Sicht auf die «Walenseeztürme». Vollständige Fundvorlage und historische Interpretation. JbSGUF 87, 33–70.
- SCHÄRER, L., HELFERT, M., ACKERMANN, R., KOCH, P. (in Vorb.): Keramikproduktion in Kempraten, Rapperswil-Jona. Die römischen Töpfereien des 1. und 2./3. Jahrhunderts. Archäologie im Kanton St. Gallen, St. Gallen.
- Schlumbaum, A. (2007): Archäobotanische Untersuchungen. Holz. In: R. Zwahlen et al., Vicus Petinesca-Vorderberg. Die Ziehbrunnen. Petinesca 4, Bern, 114–116.
- Schlumbaum, A., BROMBACHER, C. (2014): Etude de bois prélevés dans les fours à chaux. In: Demarez 2014, 139–141.
- Schlumbaum, A., JACOMET, S. (2000): Die Holzkohlereste. In: D. Hintermann, Der Südfriedhof von Vindonissa. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 17, Brugg, 160–168.
- SCHOCH, W. H. (2009): VS, Gamsen. Holzkohlenanalysen aus den Gipsbrennöfen. Labor für Quartäre Hölzer. Unpubl., Langnau a.A..
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1990): Mikroskopische Holzanatomie. 3. Auflage, Birmensdorf.
- SCHWEINGRUBER, F. H. (1976): Prähistorisches Holz. Band 2, Bern/Stuttgart.
- SÖLTER, W. (1970): Römische Kalkbrenner im Rheinland. Kunst und Altertum am Rhein 31, Düsseldorf.
- SPYCHER, H., MAGGETI, M., HOPPLER, H.U., HEDLEY, I.G., WAGNER, J.J., WAGNER, G.A. (1981): Der römerzeitliche Kalkbrennofen von Vuippes/ La Palaz (Kt. Freiburg, Schweiz). Jahrbuch des römisch-germanischen Zentralmuseums Mainz 28, 171–196.
- STELLATI, A., FIORENTINO, G., CASSANO, R., FIORIELLO, C. S. (2012): The last firewood of a Late Ancient limekiln in Egnatia (SE Italy). In: E. Badal, Y. Carrión, M. Macías, M. Ntinou, Wood and charcoal evidence for human and natural history. SAGVNTVM Extra-13, Valencia, 193–198.
- SUMÉRA, F., PRIGENT, D. (2009): La chaux. In: Coutelas 2009, 33–64.
- SUMÉRA, F., VEYRAT, E. (1997): Les fours à chaux gallo-romains de „Brétinoust“, commune de Sivry-Courtry (Seine-et-Marne). Revue Archéologique du Centre de la France 36, 99–130.
- TRAINI, L. (2013): La lavorazione della calce dall'antichità al medioevo. Roma e le province dell'Impero, Roma.
- TRUMM, J., FLÜCK, M. (2013): Am Südtor von Vindonissa. Die Steinbauten der Grabung Windisch-Spillmannwiese 2003–2006 (V.003.1) im Süden des Legionslagers. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 22, Brugg.
- USCHMANN, K.-U. (2006): Kalkbrennöfen der Eisen- und römischen Kaiserzeit zwischen Weser und Weichsel. Befunde – Analysen – Experimente. Berliner archäologische Forschungen 3, Rahden/Westfalen.
- VASCHALDE, C. (2012): Les fours à chaux du Midi méditerranéen de la France, objets de nouvelles méthodes en archéologie médiévale. Debates de Arqueologia Medieval 2, 129–154.
- VITRUV: Marcus Vitruvius Pollio, De architectura libri decem / Zehn Bücher über Architektur.
- Anmerkungen**
- <sup>1</sup>Zum römischen Vicus von Kempraten allgemein: Ackermann 2013a und 2013b; zum Tempelbezirk: JbSGUF 87, 2004, 384–385; JbAS 93, 2010, 254–255; JbAS 94, 2011, 256; JbAS 96, 2014, 241–242; Koch/Schindler 2014; siehe auch Archiv KASG, Fundstellennr. 53.055.
- <sup>2</sup>Rapperswil-Jona, Kempraten, Zürcherstrasse 131; Akten und Funde Archiv KASG, Fundstellennr. 53.204.
- <sup>3</sup>Gerber et al. 2002 und Demarez 2014.
- <sup>4</sup>Deschler-Erb 2012. – Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts «CRAFTS – Strukturen, wirtschaftliche und gesellschaftliche Stellung des römerzeitlichen Handwerks in Italien und den westlichen Provinzen des Römischen Reiches» befasste sich eine Arbeitsgruppe intensiv mit allen zur Verfügung stehenden Quellen zum römischen Handwerk der Schweiz (vgl. Amrein et al. 2012).
- <sup>5</sup>Zusammenfassend zur Geschichte des Kalkbrennens siehe etwa Dix 1982, 339f.; Adam 1984, 69; Coutelas/Büttner 2009a; Traini 2013, 12ff.
- <sup>6</sup>Deschler-Erb 2012, 82.
- <sup>7</sup>Vitruv, De architectura II, 6; Coutelas/Büttner 2009b, 18. Im heutigen Ingenieurwesen werden unter Puzzolanen allgemein silikat- und aluminiumhaltige Erden verstanden, die als Zusatz mit Kalziumhydroxid reagieren und zu einem wasserresistenten Mörtel abbinden.
- <sup>8</sup>Coutelas/Büttner 2009b, 20f.
- <sup>9</sup>Amden SG-Stralegg, Schänis SG-Biberlikopf und Filzbach GL-Vor dem Wald; zuletzt Roth-Rubi et al. 2004; Martin-Kilcher 2011, 45ff.
- <sup>10</sup>Ackermann 2013a, 218.
- <sup>11</sup>Adam 1984, 69; Coutelas/Büttner 2009b, 15ff.; Deschler-Erb 2012, 81f.
- <sup>12</sup>Adam 1984, 76; Coutelas/Büttner 2009b, 15.
- <sup>13</sup>Berner 2010, 212.
- <sup>14</sup>In den Mauermörteln von Kempraten sind auch solche Kalkspatzen nachgewiesen (Beispiele: Grabung Fluhstrasse 6–10 (Fundstellennr. 53.053/53.054): SB1.I\_MR4 (Ackermann 2013a) resp. Grabungsdoku 53.054 MR10; Grabung Fluh (Fundstellennr. 53.057): Mörtelproben aus MR6 und MR8; Grabung Seewiese (Fundstellennr. 53.055): Mörtelprobe aus Boden Pos. 214).
- <sup>15</sup>Berner 2010, 215 und 250.
- <sup>16</sup>Berner 2010, 216 und 250.
- <sup>17</sup>Zusammenfassend zum Aufbau von Kalköfen: Adam 1984; Dix 1982; Suméra/Prigent 2009; Traini 2013, 32–38, hier findet sich eine Auflistung von 142 römischen bis mittelalterlichen Öfen im Imperium Romanum.
- <sup>18</sup>Vgl. beispielsweise die Öfen ohne Schnauze von Gamsen VS bei Paccolat/Taillard 2000, 102–104 oder der Eisen- und römischen Kaiserzeit zwischen Weser und Weichsel bei Uschmann 2006.
- <sup>19</sup>Benennung der Elemente nach Paccolat/Taillard 2000, Abb. 5.
- <sup>20</sup>Grabung Rapperswil-Jona, Kempraten, Seewiese, Fundstellennr. 53.055.
- <sup>21</sup>Als Reduktionshorizont wird eine Pseudoschicht bezeichnet, die nicht durch einen Materialauftrag entsteht, sondern aus einer Homogenisierung von ehemals vorhandenen, meist oberflächennahen und damit stark bioturbierten Schichten resultiert. Somit entspricht ein Reduktionshorizont auch nicht mehr einer eigentlichen archäologischen Struktur, kann aber noch archäologische Funde enthalten.
- <sup>22</sup>Diese Höhe kann aufgrund der vollständig abgetragenen Südwestecke der Umfassungsmauer des unmittelbar nördlich der Kalköfen liegenden jüngeren Tempelbezirk geschätzt werden.
- <sup>23</sup>Pos. 1847.

<sup>24</sup> Im westlichen Feuerraum Pos. 1907; im östlichen Feuerraum Pos. 1908 und Pos. 1911.

<sup>25</sup> Pos. 1912.

<sup>26</sup> Sie lief in die Holzkohleschichten der Feuerräume über und liess sich deshalb nicht von diesen abtrennen, obwohl sie lehmiger/sandiger und die Holzkohlen kleiner fragmentiert waren.

<sup>27</sup> Pos. 1909.

<sup>28</sup> Pos. 1910.

<sup>29</sup> Pos. 1895.

<sup>30</sup> Pos. 1896/Pos. 1902.

<sup>31</sup> Pos. 1901.

<sup>32</sup> Pos. 1883/Pos. 1885.

<sup>33</sup> Pos. 1894/Pos. 1896.

<sup>34</sup> Pos. 1875.

<sup>35</sup> Pos. 1886/Pos. 1887 sowie Pos. 1848, Pos. 1856, Pos. 1859, Pos. 1866, Pos. 1871, Pos. 1878, Pos. 1879 und Pos. 1896.

<sup>36</sup> Es wäre auch denkbar, dass der Lehm durch die Hitze beim Betrieb von Ofen 2 *in situ* verziegelt wurde. Jedoch scheint dies eher unwahrscheinlich, da der Boden auch in grösserer Entfernung von den beiden Schnauzen relativ regelmässig gerötert, aber nicht zu einer festen Brandplatte verziegelt war.

<sup>37</sup> Pos. 1027.

<sup>38</sup> Pos. 1886/Pos. 1887.

<sup>39</sup> Allerdings hätte ein Oberboden beim Bau von Ofen 2 auch abgetragen werden können und er wäre nicht mehr nachweisbar.

<sup>40</sup> Westlicher Feuerraum Pos. 1824 und östlicher Feuerraum Pos. 1826.

<sup>41</sup> Schwemmlehm und Verwitterungslehm aus der Molasse (Anschniff Inv. 53.055.1225.001). Bestimmung durch Thomas Gubler (magma ag).

<sup>42</sup> Pos. 1856.

<sup>43</sup> Adam 1984, 72.

<sup>44</sup> Im nördlichen Feuerraum Pos. 1156 und im südlichen Feuerraum Pos. 1839/Pos. 1841.

<sup>45</sup> Pos. 1861/Pos. 1856. Allerdings waren die beiden Schichten nicht direkt verbunden.

<sup>46</sup> Pos. 1868.

<sup>47</sup> Die Steine sind nämlich nicht durch die Bodenfeuchtigkeit gelöscht worden.

<sup>48</sup> Pos. 1861.

<sup>49</sup> Pos. 1836.

<sup>50</sup> Pos. 1855.

<sup>51</sup> Mündliche Mitteilung Christine Pümpin, IPNA, basierend auf Beobachtungen im Dünnschliff der Geomorphologieprobe 168.

<sup>52</sup> Mündliche Mitteilung Christine Pümpin, IPNA, basierend auf Beobachtungen im Dünnschliff der Geomorphologieprobe 168.

<sup>53</sup> Auch die intakte Schichtung auf der Sohle spricht dagegen, da man in einem Löschbecken den Kalk regelmässig röhrt.

<sup>54</sup> Ein Löschbecken, dessen Holzwände als Abdruck im gelöschten Kalk nachgewiesen sind, fand sich beispielsweise in Touffréville F (Coulthard 1999, 177). Deschler-Erb 2012, 86: führt je einen Befund in Bern, Haspelmatte (D 1.03.06 und D 2.04) und Triengen LU, Murhubel (D 2.44) an, die jedoch beide nicht gesichert sind.

<sup>55</sup> Bürgisser 1980, 123ff.

<sup>56</sup> Gubler 2010.

<sup>57</sup> Bürgisser 1980, 124 und bes. Fig. 6–11.

<sup>58</sup> Quintner Kalk wurde als Brenngut für die jüngeren Öfen an der Zürcherstrasse 131 in Kempraten verwendet.

<sup>59</sup> Schlumbaum/Brombacher 2014.

<sup>60</sup> Schweingruber 1976, 89.

<sup>61</sup> Schoch 2009.

<sup>62</sup> Anthrakologie = Wissenschaft der Holzkohlenuntersuchungen.

<sup>63</sup> Zusammenfassungen bei z.B. Uschmann 2006; Dix 1982; Stellati et al. 2012; Lavergne/Suméra 2000; Suméra/Prigent 2009; Suméra/Veyrat 1997; Sölter 1970. Es ist möglich, dass es viele noch unpublizierte Daten gibt, z.B. für Lothringen: Wiethold, pers. Mitteilungen, Eiche und Rotbuche.

<sup>64</sup> Ofen 1: Probe 187 (Pos. 1907, westlicher Feuerraum), Probe 186 (Pos. 1908, östlicher Feuerraum) und Probe 185 (Pos. 1911, ebenfalls östlicher Feuerraum, hinter dem Sturzstein, auf Pos. 1908 liegend); Ofen 2: Probe 171 (Pos. 1839, südliche Brennkammer) und Probe 172 (Pos. 1156, nördliche Brennkammer); Grube Pos. 1843: Probe 169 (Pos. 1855).

<sup>65</sup> Die Grösseneinschätzung wurde subjektiv erfasst.

<sup>66</sup> Siehe Albrecht et al. 1999.

<sup>67</sup> Schweingruber 1990.

<sup>68</sup> Beprobung ausserhalb von archäologischen Fundstellen.

<sup>69</sup> Schärer in Vorb.

<sup>70</sup> Burga/Perret 1998, 387; Ellenberg 1986, 294.

<sup>71</sup> BP: Before Present (= vor 1950); das in Jahren Before Present in der Regel inklusive Standardabweichung angegebene Datum ist ein reines Messergebnis (Rohdatum), das sich gemäss internationalen Konventionen auf das Jahr

1950 bezieht. Dieses Datum basierte auf der Annahme eines konstanten <sup>14</sup>C-Gehaltes in der Atmosphäre. Dieser Gehalt ist jedoch starken Schwankungen unterworfen und das Rohdatum wird in der Regel kalibriert, was einem kalendarischen Wert entspricht.

<sup>72</sup> Burga/Perret 1998, 390. Fichtenpollen können aber durch Windtransport sehr weit verfrachtet werden.

<sup>73</sup> Schlumbaum 2007.

<sup>74</sup> Schärer in Vorb.

<sup>75</sup> Oberdorfer 2001, 92.

<sup>76</sup> Burga/Perret 1998, 181.

<sup>77</sup> Schlumbaum/Brombacher 2014.

<sup>78</sup> Z.B. Schlumbaum/Jacomet 2000. Es ist möglich, dass es unpublizierte Vorkommen gibt (Werner Schoch, pers. Mitteilung).

<sup>79</sup> Siehe z.B. Uschmann 2006, 33.

<sup>80</sup> Z.B. Suméra/Prigent 2009, 40.

<sup>81</sup> Suméra/Prigent 2009, 40; Sölter 1970; Uschmann 2006, 32.

<sup>82</sup> Küster 1994.

<sup>83</sup> Ebert 1989.

<sup>84</sup> Siehe Uschmann 2006, 32.

<sup>85</sup> Z.B. Besombes-Hanry 2007; Uschmann 2006; Dix 1982; Schlumbaum/Brombacher 2014; Sölter 1970; Stellati et al. 2012; Lavergne/Suméra 2000; Suméra/Prigent 2009; Suméra/Veyrat 1997; Sölter 1970. Selten ist nur eine Holzart nachgewiesen, wie z.B. Suméra/Veyrat 1997; Schoch 2009.

<sup>86</sup> Z.B. Dix 1982 oder Uschmann 2006, 32: „Weiße Hölzer brennen schnell, bürgen indes für eine lange Flamme und eine durchdringende Glut. Dies begünstigt ein gleichmässiges Durchbrennen des Kalksteins“.

<sup>87</sup> Das wenige aussagekräftige Material datiert ins 2./3. Jh. (z.B. Schüssel Drag. 37 Inv. 53.055.1181.003–6 und Topf TP 27 Inv. 53.055.1181.014; aus Verfüllung der Küche Ofen 2 Teller Drag. 18/31 Inv. 53.055.1222.001).

<sup>88</sup> Zwei neuzeitliche Keramikfragmente fanden sich beispielsweise in den (sekundären) Verfüllsschichten der Küche von Ofen 2 (Inv. 53.055.1226.001 und Inv. 53.055.1219.001).

<sup>89</sup> Der blockgeborgene Topf Inv. 53.054.0428.003 stammt aus der Schicht HB1.II\_KS1. Zur Datierung des Befundes: Ackermann 2013a, 146.

<sup>90</sup> Rohdaten: Ofen 1: westliche Brennkammer: ETH-54919 (1986±29BP) und ETH-54920 (2067±29BP); östliche Brennkammer: ETH-54921 (2076±29BP) und ETH-54922 (2081±30BP). Ofen 2: südliche Brennkam-

mer: ETH-54923 (1941±30BP) und ETH-54924 (2037±30BP); nördliche Brennkammer: ETH-54925 (2024±29BP) und ETH-38952 (2020±35BP).

<sup>91</sup> An welchem Punkt die Öfen in dieser Zeitspanne datieren, kann nicht gesagt werden.

<sup>92</sup> Die weiteren Proben aus den Öfen und die engere Zeitspanne mit einer Wahrscheinlichkeit von 68.2% sprechen dafür, die Öfen eher im Bereich der älteren möglichen Zeitspanne zu datieren.

<sup>93</sup> Cato, *De agricultura*, 38.1–8.

<sup>94</sup> Dix 1982, 332; Lavergne/Suméra 2000, 455; Suméra/Prigent 2009, 44. Viereckige Öfen kommen vor, sind jedoch selten; siehe z.B. Ofen von Nespouls (Besombes-Hanry 2007).

<sup>95</sup> In Iversheim besteht der Mantel aus einem Mauerwerk aus Steinen, die mit Ton gebunden sind (Sölter 1970, 13). Auch die Öfen aus Gamsen weisen Schalen aus Steinen auf (Paccolat/Taillard 2000, 101). Mauerschalen aus mit Ton gebundenen Kalksteinen finden sich weiter in Brétinoust F (Suméra/Veyrat 1997, 107). Im Gegensatz dazu weist der Ofen von Windisch AG eine mit Geröllen hinterfüllte Schale aus Ziegeln auf (Maag 1983, 67).

<sup>96</sup> Demarez 2014, 128, basierend auf Flach 1982. Vgl. auch Sölter 1970, 15 oder die Klassifikation nach Vaschalde 2012.

<sup>97</sup> Attiswil: Ramstein 2005; Gamsen: Paccolat/Taillard 2000. Weitere Beispiele in Windisch: Maag 1983, Boncourt: Demarez 2014, 23–59 und Vuippes FR: Spycher et al. 1981.

<sup>98</sup> Sölter 1970, 15. Dieses Schema findet sich auch bei den beiden römischen Öfen von Brétinoust (Suméra/Veyrat 1997, 102–103 und 107–108). Anders als an anderer Stelle vermutet, dürfte es sich dabei nicht um einen jüngeren Typ handeln (vgl. Demarez 2014, 128), denn Ofen f220 von Brétinoust datiert bereits ins 1. Jh. Auch kommen nachrömisch beide Typen vor.

<sup>99</sup> Vgl. Cato, *De agricultura*, 38.1–8.

<sup>100</sup> Demierre 2002, 288. Ein ähnlicher Befund aus dem 7./8. Jh. wurde im Forum Trajanum in Rom I gefunden; (Meneghini 1998, 132–133).

<sup>101</sup> Besombes-Hanry 2007, 211–213.

<sup>102</sup> Verweise auf weitere Vergleiche, die jedoch ebenfalls als einzelne Öfen interpretiert werden, bei Besombes-Hanry 2007, 212–214.

<sup>103</sup> Paccolat/Taillard 2000, 109–110. Ein ähnlicher Befund liess sich in einem Ofen aus Windisch beobachten. Hier lag der Sturz an der breitesten Stelle des Feuerraums auf zwei Steinstützen. Es wurde – wohl fälschlicherweise – vermutet, dass dieser Sturz verhindern sollte, dass bei der

Beschickung des Ofens Steine in den Feuerraum fallen (Maag 1983, 67).

<sup>104</sup> Paccolat/Taillard 2000, 102.

<sup>105</sup> In Attiswil wird eine über dem Sturz liegende Öffnung zwar nicht erwähnt, ist jedoch aufgrund der auf den Plänen und Fotos ersichtlichen Brandrötungen der Schnauzenwand analog zum Befund in Kempraten relativ klar zu erschliessen (vgl. Ramstein 2005, Abb. 1–5).

<sup>106</sup> Die drei Kalköfen aus Kempraten Zürcherstrasse 131 (Fundstellennr. 53.204) weisen in ihren Schnauzen jeweils ebenfalls einen Sturzstein auf. Aufgrund der Bilddokumentation zum Ofen von Vuippes ist von einer durch einen Sturzquader geteilten Öffnung auszugehen (Spycher et al. 1981, 176, Abb. 2). Ofen F2 in Boncourt ist mehrphasig und eine Beurteilung der Sturzsteine in der Schnauze schwierig, aber es dürfte sich wohl ebenfalls um vergleichbare Befunde handeln (Demarez 2014, 30–36). Bei Ofen 5 in Gamsen deuten zwei giebelartig verlegte Steine über dem Sturz möglicherweise auf eine zweite Öffnung hin (Paccolat/Taillard 2000, 111, Abb. 5).

<sup>107</sup> Auch bei den Öfen in der Zürcherstrasse 131 in Kempraten lag die untere Öffnung mit 30 cm bei Ofen 2 und 41 cm bei Ofen 3 in diesem Grössenbereich.

<sup>108</sup> In Iversheim 80 cm (Sölter 1970, 15); in Nespouls zwischen 1.5 m und 1.7 m (Besombes-Hanry 2007, 221). In Kempraten, Zürcherstrasse 131 sind Öffnungen von 1.2 und 1.6 m nachgewiesen.

<sup>109</sup> Vgl. Adam 1984, Abb. 153; Kalkbrennen 2001, 11.

<sup>110</sup> Ramstein 2005, 656. Ein vergleichbarer Befund wurde bei den Öfen St. 3 und St. 5 von Nespouls beobachtet (Besombes-Hanry 2007, 222, Fig. 16).

<sup>111</sup> Vgl. Ramstein 2005, 656 und Besombes-Hanry 2007, 222.

<sup>112</sup> Paccolat/Taillard 2000, 107–111. Weitere Beispiele: Ofen f 220 von Brétinoust, bei dem ein kleines Zugloch (20 auf 20 cm) offen gehalten wurde (Suméra/Veyrat 1997, 108) und Iversheim (Sölter 1970, 39).

<sup>113</sup> Neuzeitlich sind jedoch verschiedene Formen mit mehreren unterschiedlich angeordneten Öffnungen bekannt (z. B. die beiden Öfen von Bärschwil SO, Bitterli-Waldvogel/Fürstenberger 2001; vgl. Klassifikation bei Vaschalde 2012, Fig. 5 und Fig 6). Die Grundrisse und die Betriebsweise sind jedoch häufig nicht mit den Kemprater Öfen vergleichbar.

<sup>114</sup> Verdoppelt man den Ofen von Attiswil (Abb. 24), erhält man einen mit Ofen 2 identischen Grundriss.

<sup>115</sup> Vgl. Deschler-Erb 2012.

<sup>116</sup> Das kalibrierte <sup>14</sup>C-Datum ergab mit 86.9% Wahrscheinlichkeit eine Datierung zwischen 125 v. Chr. und 85 n. Chr. an (Besombes-Hanry 2007, 212). Einschränkend ist anzumerken, dass zur Datierung dieses Ofens nur ein <sup>14</sup>C-Datum vorliegt.

<sup>117</sup> Möglich wäre auch das Anschütten von Sand oder Lehm.

<sup>118</sup> Pos. 1886/Pos. 1887.

<sup>119</sup> Nur eine Auswahl von ca. 340 grösseren Hüttenlehmbrocken (ca. 8 kg) wurde aufbewahrt (Inv. 53.055.0770.001, Inv. 53.055.0771.001, Inv. 53.055.0773.001, Inv. 53.055.0814.002, Inv. 53.055.1215.001 und Inv. 53.055.1216.001).

<sup>120</sup> Freundliche Mitteilung Walter Trauffer, Freilichtmuseum Ballenberg.

<sup>121</sup> Pos. 1848.

<sup>122</sup> Dies zeigte sich schön bei Resten der letzten Ofencharge der Öfen aus der Zürcherstrasse 131. In jedem der drei Öfen fand sich ein anderer Kalkstein (Hombrechtikoner Wetterkalk, Meilener Kalk, Quintner Kalk).

<sup>123</sup> Freundliche Mitteilung Walter Trauffer, Freilichtmuseum Ballenberg, und Kalkbrennen 2001, 10.

<sup>124</sup> Freundliche Mitteilung Walter Trauffer, Freilichtmuseum Ballenberg.

<sup>125</sup> Mindestens 40 cm müssen allein schon aufgrund der nachrömischen Erosion zur erhaltenen Höhe dazu gerechnet werden. Weiter muss während des Brandes das Nachschieben des Brennholzes ohne Probleme möglich sein.

<sup>126</sup> Theoretisch sind noch höhere Konstruktionen vorstellbar, wie historisch überlieferte und neuzeitliche Beispiele zeigen (Adam 1984, 73 und Suméra/Prigent 2009, 42).

<sup>127</sup> Bei einer Grundfläche von 16 m<sup>2</sup> und einer Höhe von 4.5 m. Die ersten 2.5 m werden dabei als Zylinder und die oberen 2 m als Kegel berechnet.

<sup>128</sup> Vgl. Adam 1984, 72–73; Sölter 1970, 40.

<sup>129</sup> Auch in Gamsen, Ofen 3 und Ofen 5, lässt sich auf diese Weise die Länge des Brennholzes auf 2.5 m und mehr ermitteln (Paccolat/Taillard 2000, Abb. 18).

<sup>130</sup> Der Holzbedarf ist sowohl von der Qualität des Brenngutes und des Brennstoffes sowie der Art des Ofens abhängig und kann wesentlich höher liegen. Suméra/Prigent 2009, 41 geben

mindestens 1 Ster Holz pro Kubikmeter Kalk an, regelhafter sind es aber zwischen 1.5 und 3 Ster. Vgl. auch Uschmann 2006, 32.

<sup>131</sup> Siehe Fluhstrasse 6–10, Mörtelboden *HB3.I\_MB* und *HB1.II\_MB*; Ackermann 2013a, 26 und 32.

<sup>132</sup> Fluhstrasse 6–10, Wandverputz in der Planieschicht *HB1.III\_PS3* sowie ev. aufgelöster Kalkauftrag bei der verstürzten Wand *HB2.IV\_BS3*; Ackermann 2013a, 27 und 31f.

<sup>133</sup> Suméra/Prigent 2009, 53.

<sup>134</sup> Dix 1982, 341; Suméra/Prigent 2009, 54; Traini 2013, 9.

<sup>135</sup> Soweit die Grösse von mit Mörtelböden ausgestatteten Räumen in den jüngeren Steinbauphasen der Fluhstrasse 6–10 in Kempraten berechenbar sind, liegen sie zwischen 15 m<sup>2</sup> und 30 m<sup>2</sup>. Allerdings sind nur wenige Räume so gut erhalten, dass ihre Dimensionen klar sind; vgl. Ackermann 2013a.

<sup>136</sup> Vitruv, *De Architectura* II, V, 5–9; Adam 1984, 77f.; Coutelas/Büttner 2009c, 75. Die Verhältnisse von einem Teil Kalk zu zwei bis drei Teilen Zuschlag sind die häufigsten. Es kommen aber auch Verhältnisse von 1:1 bis 1:5 vor.

<sup>137</sup> Siehe z.B. Basler Münsterhügel: Deschler-Erb 2011, 33.

<sup>138</sup> Vgl. z.B. mehrphasige römische Strasse, welche mit Branntkalk gefestigt war, in Basel, Grabung Antikenmuseum (Helmig/Schwarz 2000). Bei der Via Prätoria im Legionslager Windisch/*Vindonissa* wird eine Festigung mit Branntkalk vermutet (Trumm/Flück 2013, 71).

<sup>139</sup> Siehe dazu Ackermann 2013a, 217.

<sup>140</sup> Plinius, *Historia Naturalis*, XVII, 4.47, 47.260 und 6.53; Dix 1982, 341f.; Suméra/Prigent 2009, 53; Traini 2013, 9f.

<sup>141</sup> Dix 1982, 342.

<sup>142</sup> Deschler-Erb 2012, 82, bes. Anm. 323.

<sup>143</sup> Plinius, *Historia Naturalis*, bes. XXVIII; Dix 1982, 342; Suméra/Prigent 2009, 54.

<sup>144</sup> Siehe z.B. Suméra/Prigent 2009, 58ff.

<sup>145</sup> Akten Archiv KASG, Fundstellennr. 53.204.

<sup>146</sup> Die intakt gebliebene Einfeuerungsöffnung des östlichsten Ofens misst heute noch 1.35 m. Der Sturz, welcher aus dem Sandsteinfels herausgearbeitet worden war, scheint sich aber mit der Bodeneinlagerung etwas gesenkt zu haben, sodass von einer ursprünglichen Höhe von rund 1.5 m ausgegangen werden darf. Die beiden anderen Öfen zeigten ähnliche Dimensionen mit Sturzhöhen von ca. 1.2 m resp. 1.6 m.

<sup>147</sup> Dabei wird von einem 4.5 m hohen Ofen ausgegangen. Die unteren 2 m werden dem

Befund gemäss als Kegelstumpf berechnet. Der nicht mehr erhaltene aufgehende Bereich einerseits als 1 m hoher Zylinder und darüber als 1.5 m hoher Kegel.

<sup>148</sup> Bestimmung durch Thomas Gubler und Hugo Mändli (magma ag). Zum Meilener Kalk und Hombrechtikoner Wetterkalk s.o.. Es wäre prinzipiell möglich, dass der Quintner Kalk durch den Abbau von Findlingen im Umfeld gewonnen wurde. Die OfenchARGE enthielt praktisch sortenrein Quintner Kalk. Also müsste eine grosse Menge dieses Gesteins vorhanden gewesen sein. Dagegen spricht jedoch, dass im Raum Kempraten kaum Wallmoränen, die in der Regel besonders reich an Findlingen sind, vom Gletscher hinterlassen worden sind. Ein Abbau im Walenseegebiet mit anschliessendem Transport nach Kempraten scheint deshalb insgesamt wahrscheinlicher (freundliche Mitteilung T. Gubler).

<sup>149</sup> Eine Auswertung des Fundmaterials aus den Verfüllungen der Öfen steht noch aus, ebenso weitere <sup>14</sup>C-Datierungen. Solange müssen die hier vorgelegten Datierungsansätze als provisorisch gelten.

<sup>150</sup> Deschler-Erb 2012, 85f.; Lavergne/Suméra 2000, 459ff.; Suméra/Prigent 2009, 54ff.

<sup>151</sup> Demarez 2014, 25–48.

<sup>152</sup> Deschler-Erb 2012, 85f.

<sup>153</sup> Paccolat/Taillard 2000.

<sup>154</sup> Vgl. Paccolat/Taillard 2000 und Sölter 1970. Weiter die Öfen in der Ajoie (Demarez 2014).

<sup>155</sup> Dies wird für den Ofen von Eritrea vermutet. Vgl. auch Meneghini 1998.

<sup>156</sup> Deschler-Erb 2012, 85.

<sup>157</sup> Dies wäre nur durch weitere Einrichtungen zur Weiterverarbeitung des Kalkes, wie Löschenbecken oder Mörtelmischplätze, im direkten Umfeld der Öfen zu belegen.

<sup>158</sup> Lavergne/Suméra 2000, 461f.; Suméra/Prigent 2009, 54f. Gerade in der Anfangszeit oder bei umfassenderen Umbauphasen einer Siedlung war der Holzbedarf durch die intensive Bauaktivität enorm. Zudem darf der Holzkonsum im Alltag durch Herdfeuer, Heiz- und Thermenanlagen sowie anderem feuerintensivem Handwerk (Töpfereien, Schmitten, etc.) nicht unterschätzt werden, sodass die ausreichende Grundversorgung mit Holz für eine florierende Siedlung elementar war.

<sup>159</sup> Sölter 1970.

## Kontakt

Kanton St. Gallen  
Departement des Innern  
Amt für Kultur  
Archäologie  
Rohrschacherstrasse 23  
CH-9001 St. Gallen  
[www.archaeologie.sg.ch](http://www.archaeologie.sg.ch)

## Abbildungsnachweis

KASG resp. jeweilige Autoren, falls nicht anders vermerkt.

**Die Autoren:**

**Regula Ackermann** studierte in Basel Ur- und Frühgeschichte, Mittelalterarchäologie, Zoologie und Geologie. Sie arbeitete während und nach dem Studium auf Grabungen in Avenches, Basel, Syrien und Kempraten. Seit 2005 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin der Kantonsarchäologie St.Gallen mit Arbeitsschwerpunkt im römischen Vicus Kempraten. 2005 leitete sie die Grabung in Kempraten, Fluhrstrasse 6–10, welche sie in der Folge auch auswertete und 2013 publizierte. Die Leitung weiterer Grabungen und die Aufarbeitung von Altfunden macht sie zu einer profunden Kennerin der grössten römischen Siedlung des Kantons St.Gallen.

[regula.ackermann@sg.ch](mailto:regula.ackermann@sg.ch)



**Pirmin Koch** studierte in Basel Ur- und Frühgeschichte, Kunstgeschichte und Mensch – Gesellschaft – Umwelt und schloss das Studium mit einer Arbeit zum römischen Warenumschlagplatz von Gal-Zihlbrücke ab (2008). Während und nach dem Studium war er auf verschiedenen Grabungen in Windisch, Biesheim (F) und Kempraten tätig. Seit 2008 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kantonsarchäologie St.Gallen. In dieser Funktion leitete er Ausgrabungen in Kempraten, wie die Grabung Seewiese. Das derzeitige Auswertungsprojekt zum Tempelbezirk der Seewiese läuft unter seiner Führung und ist gleichzeitig seine Promotion.

[pirmin.koch@sg.ch](mailto:pirmin.koch@sg.ch)

