

Römisches Bauen aus naturwissenschaftlicher Sicht in der Stadt auf dem Magdalensberg in Kärnten

Von Friedhelm THIEDIG und Erich WAPPIS

Zusammenfassung

Die Entdeckung des „Eisernen Hutes“ auf der Sideritlagerstätte bei Hüttenberg/Knappenberg durch die Kelten (etwa im 2. Jh. v. Chr.) führte mit dem Abbau der Eisen-Lagerstätte zur Herstellung von schmiedbarem Eisen. Im 1. Jh. v. Chr. bekamen die Römer Kenntnis von diesem Vorkommen. Der Kontakt mit den Kelten, die auf dem 1056 m hohen Magdalensberg vermutlich ein kulturelles und politisches Zentrum besaßen, führte zur römischen Besiedlung dieses sonnigen Berges. Mit der Niederlassung von römischen Schmieden, Handwerkern und Händlern, aber auch von Technikern, Straßenbauern und anderen Kundschaftern, wie z. B. Geognosten auf dem Berg, entwickelte sich die römische Stadt zum Mittelpunkt des Eisenhandels. Das Zentrum der Stahlproduktion blieb aus technischen und ökonomischen Gründen weiterhin im oberen Görtscitztal. Die Frage, ob das Kärntner Eisen, das später von römischen Schriftstellern gelobte *ferum noricum*, bereits bei den Kelten wegen seines natürlichen Mangangehaltes die Qualität eines hochwertiger Stahl besaß oder erst von kunstfertigen römischen Schmieden durch eine sehr genaue Aufkohlung des Eisens seinen berühmten Markennamen bekam, scheint noch nicht vollständig geklärt zu sein.

Schlagworte:

Kelten, Römer, Archäologie, Geologie, Vulkanite, Marmor, Kalksinter, eiszeitliche Geschiebe, Hydrogeologie, Wasserbedarf, Baumaterial, römischer Bergbau, römischer Stahl (*ferum Noricum*), römische Steinbrüche, römischer Beton (*opus caementitium*), ältester Stahlbeton, Klima

Keywords:

Celts, Romans, archaeology, geology, volcanoclastics, marble, freshwater limestone, glacial drift pebbles, hydrogeology, supply of water, building material, Roman mining, Roman steel (*ferum Noricum*), Roman quarries, Roman concrete (*opus caementitium*), oldest reinforced concrete, climate



Abb. 1: Magdalensberg-Gipfel mit Kirche und Gasthaus Skorianz. Blick von Osten, unterhalb der Gebäude auf dem Gipfel sind alte Siedlungsterrassen erkennbar. (Foto 1997)

Eingehende Untersuchungen und Zählungen durch Studentinnen und Studenten der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster an mehr als 47.000 Bausteinen in den Mauern der römischen Stadt auf dem Magdalensberg ergaben, dass 95 % des Materials aus der unmittelbaren Umgebung stammen. Bei den als Terrassenhäuser angelegten Bauten diente der Bauplatz auf dem „gewachsenen Fels“ zugleich als Grundstück, Steinbruch und Baumaterial. Das anstehende Gestein besteht hauptsächlich aus paläozoischen vulkanischen Meta-Tuffen unterschiedlicher Farbe und Komponentengröße und nur untergeordnet aus Metabasalten und Tonschiefern.

Zur Vielfalt des Baumaterials (Granit-, Gneis-, Metamorphit-, Vulkanit- und Sedimentgerölle des Paläo- und Mesozoikums) trägt ganz wesentlich das verschleppte eiszeitliche Geschiebe bei. Dieses Material wurde vom Draugletscher während der letzten Vereisungsphase in der Würmzeit, die vor rund 10 000 Jahren zu Ende ging, bis in die Höhe der heutigen Ausgrabungsstätten transportiert. Herkunftsgebiete sind die Hohen Tauern, die Kreuzeckgruppe, die Gailtaler und die Karnischen Alpen.

Aus bis zu 60 km entfernten römischen Steinbrüchen stammen Marmore (z. B. von Gummern, Tentschach und Kraig) und Kalksinter (Kalktuff von Peratschitzen bei Kühnsdorf), die vornehmlich beim Bau der öffentlichen Gebäude verwendet wurden.

Die Zahl der im Ausgrabungsgelände noch vorhandenen Mauersteine schätzen wir auf etwa 500.000 Stück, die Hochrechnung auf den römischen Mauerbestand mit einem berechneten Volumen von 10.000 m² ergibt mehr als eine Million Bausteine. Bemerkenswert sind einige aus dem Krappfeld und der Saualpe verschleppte Kalke, Sandsteine und Glimmerschiefer. Für die Herstellung von Branntkalk wurden mitteltriasische Kalke der näheren Umgebung verwendet. Interessant ist die gute Erhaltung von römischem Beton *opus caementitium*, der in einigen Fällen sogar den heutigen DIN-Vorschriften entspricht, sichtbar an einem Wasserbecken und an den Abdeckungen der Warmluftheizungsanlagen (*hypocaustum*).

Als besonders bemerkenswert wird die fast in Vergessenheit geratene Entdeckung (EGGER 1949) der ältesten bisher nachgewiesenen Verwendung von Stahlschienen beim Betonbau („Stahlbetonbau“) in der Fußbodenheizung im Repräsentationsgebäude beschrieben.

Geowissenschaftliche Hinweise auf das Klima in der Römerzeit, hydrogeologische Beobachtungen und Überlegungen zum Wasser- und Abwasserhaushalt sowie Vorstellungen zum römischen Wegenetz im Bereich des Magdalensberges ergänzen die Ausführungen.

Summary

Discovery of siderite-ore capping deposits was the begin of the production of forging iron tools by Celtic tribes during the second century B.C. Romans showed an interest in the first century B.C. with merchants, blacksmiths, workmen and different experts and engineers among them „geognosts“. They settled at the southern slope of the Magdalensberg summit (1056 m a.s.l.). The Roman town was established followed 90 years later by a new town 450 m deeper at the plain of river Glan which has been founded nearby as the capital of the province Noricum. Roman writers of the first and second century mentioned the high quality of the steel products as „*ferrum Noricum*“ like a trade mark.

The surrounding of the Magdalensberg has been geologically new mapped and more than 47.000 of quarrrstones used as building stones have been classified by some students of the German University of Muenster. The rocks are mainly different types of pyroclastic products of Ordovician submarine volcanic activity. About 95 % of the rock fragments in the walls origin in local outcrops in and nearby the town.

In addition we could identify hundreds of glacial drift pebbles transported by the ice of the Drau Glacier up to the level of the old Roman town. The assemblage of the pebbles contains granites, gneisses, different meta-

morphic and other sedimentary rock types of Palaeozoic and Mesozoic ages. Marbles and tufaceous limestone have been transported over more than 60 km distances partly on the river Drau to the town on the mountain.

In the area of archaeological digs in the center cover about 10 % of the old town. For this part we calculated a volume of 10.000 m³ rock material in the ruins of visible walls. The Romans needed more than 1 million quarystones only for the walls of this area.

Of interest are well preserved "artificial rocks" the Roman concrete "*opus caementitium*".

Very remarkable is the discovery of the oldest known use of steel rods together with concrete – the first reinforced concrete of the world – used to cover channel of an underfloor heating system "*hypocaustum*" in a public house of the local government.

In addition some information are given of climate conditions during Roman rule, hydrology and the road net in the surrounding of this town.

VORWORT

Während einer Führung im Freilichtmuseum der Ausgrabungen am Magdalensberg mit Geologie-StudentInnen der Westfälischen Wilhelm-Universität Münster wurde vor einigen Jahren die Idee geboren, die Herkunft der auffälligen fremden Kalksinter-Bausteine an der Fußbodenheizung des Badebezirkes zu erkunden. Insgesamt haben wir gemeinsam mit 14 StudentInnen in mehrjähriger Arbeit die hier vorgelegten Ergebnisse unserer Forschungen über die Herkunft des römischen Baumaterials am Magdalensberg zusammengetragen.

Unser Ziel war es, das z. T. sehr unterschiedliche Baumaterial qualitativ zu erfassen, die Herkunft der Gesteine zu bestimmen und sie Kärntner Steinbrüchen zuzuordnen. Dies betrifft vor allem die Bausteine des Magdalensberges, aber auch aus entfernteren Steinbrüchen heran transportiertes Material wie Marmore, Kalksinter, Karbonatgesteine und Sandsteine, die nicht in der unmittelbaren Umgebung der römischen Stadt anstehen.

Es war uns ebenso wichtig, die Quantität des Baumaterials zu erfassen. So haben wir über 47.000 Bausteine in den erhaltenen und z. T. wieder errichteten Mauern der Ausgrabungsstätten am Magdalensberg identifiziert, gezählt, katalogisiert und die Ergebnisse graphisch dargestellt (THIEDIG 1998).

EINFÜHRUNG

Geschichtliche Entwicklung der keltisch-römischen Stadt

Der Schriftsteller Titus Livius berichtet über das Eindringen keltischer Stämme im Jahr 186 v. Chr. in den Norden Italiens (Gründung der Stadt Aquileia 181 v. Chr.). Ende des 2. Jahrhunderts v. Chr. wurde zwischen dem keltischen Königreich der Noriker und den Römern ein staatlicher Freundschaftsvertrag geschlossen, der die Handelsbeziehungen zwischen beiden ermöglichte.

In den letzten beiden Jahrhunderten vor unserer Zeitrechnung war die Technik der Verhüttung von Eisenerzen

fast über ganz Europa verbreitet. Bedarfsmäßig nahm das damals technisch fortschrittlichste Römische Reich die Spitzenstellung ein, besaß aber lediglich auf Elba und in Spanien kleinere, nicht sehr bedeutende Zentren der Eisenerzeugung. Dagegen gab es in Britannien und Belgien schon vor der römischen Besetzung sowie im polnischen Raum Zentren mit großtechnischer Eisenerzverhüttung (STRAUBE 1996). Wesentlich waren die Qualitätsunterschiede, die in den einzelnen Zentren der Erzeugungsländer sehr erheblich waren. Die Kelten besaßen ausgezeichnete Kenntnisse über Erze, ihre Lagerstätten und deren Verhüttung. Sie waren in der Lage kohlenstoffhaltigen, durch Schmieden härtbaren Stahl zu erzeugen und sie waren die ersten, die größere Rennöfen mit höheren Schächten einsetzten. Sachkundige Kundschafter hatten die eisenreichen Erze im Raum Hüttenberg/Knappenberg und Lölling entdeckt, etwa 25 km in nordöstlicher Entfernung von ihrer Siedlung auf dem Magdalensberg. Dieses Eisenerzvorkommen mit seinen Produktionsstätten lag damals außerhalb, aber relativ nahe am Rande des Römischen Reichs. Hier wurde das *ferum Noricum* erzeugt, ein Stahl, der besonders für Werkzeuge und Waffen geeignet war. Die Kelten weckten damit das Interesse der Römer, die sich zuerst als Händler und bald auch als Pächter norischer Eisengruben im Königreich Norikum (*regnum Noricum*) niederließen. Sie okkupierten schließlich dieses Land, vermutlich auch, um in den Besitz der besonders für das Kriegswesen wichtigen Eisenproduktionsstätten zu gelangen. Zeitlich fällt der intensivere Kontakt der Händler mit den Kelten auf dem Magdalensberg mit den Gallischen Kriegen zusammen, wo ein erheblicher Nachschubbedarf an Bewaffnung und Ausrüstung entstand, wie FISCHER (2002) in seinem Buch über die Geschichte der Provinz Norikum ausführt.

In der ersten Hälfte des 1. Jh. v. Chr. besaßen die Noriker vermutlich auf dem Gipfel des 1058 m hohen Magdalensberges eine befestigte Anlage (*oppidum*), das auch das politische, merkantile und kulturelle Zentrum des Distriktes darstellte (Abb. 1). Aus dieser Zeit stammt vielleicht der schöne dreiköpfige keltische Kultstein, der früher vor und jetzt in der Magdalenenkirche auf dem Gipfel aufbewahrt wird.

In unmittelbarer Nähe dieses Platzes haben sich zunächst Mitte des 1. Jh. v. Chr. römische Eisenhändler und Schmiede niedergelassen. Nachdem im Jahre 15 v. Chr. dieses Gebiet der römischen Herrschaft unterstellt worden war, entstanden in der Folge römische Verwaltungs- und Sakralbauten. Kein Wunder, dass sich auch ein starker, bis in das Mittelmeer reichender Handel vor allem mit den hervorragenden und begehrten Eisenerzeugnissen entwickelte, wie die zahlreichen Funde von sehr bemerkenswerten Werkzeug-Kollektionen zeigen.

Mitte des 1. Jh. n. Chr. erfolgte unter Kaiser Claudius etwa 60 Jahre nach der Okkupation die endgültige Provinzialisierung dieses Raumes als römische Provinz Noricum in das römische Reich. Um diese Zeit wurde in einer Entfernung von weniger als 10 km Luftlinie eine neue Stadt „*Municipium Claudium Virunum*“ gegründet. Die alte Bergsiedlung ist danach offensichtlich ziemlich rasch aufgegeben worden. Zeitweise vermuteten Archäologen, dass der Name *Virunum* von der Bergstadt auf dem Magdalensberg übernommen wurde. Sie war der Sitz des prokuratorischen Statthalters und der Provinzverwaltung und war die Hauptstadt der römischen Provinz *Noricum* (PICCOTTINI 1977, PICCOTTINI 1989b und PICCOTTINI & VETTERS 1999).

Baugeschichtliche Phasen der Bergstadt

Die Ankunft der römischen Händler und deren Niederlassung am Magdalensberg muss für die Kelten zunächst ein eindrucksvolles Ereignis gewesen sein. Ob die Begegnung mit der römischen Zivilisation einen Kulturschock hervorgerufen hat, wissen wir nicht. Auf jeden Fall müssen bald mit dem Beginn der römischen Besiedlung viele Kundige mitgekommen sein, die vor allem technische Kenntnisse besaßen, z. B. wie man Steinhäuser baut, die den Kelten unbekannt waren. Darunter müssen auch „Geognosten“ gewesen sein, die nach geeignetem Gesteinsmaterial suchten und wussten, wie man Steinbrüche anlegt, mit welchen Werkzeugen die Anlage von Steinbrüchen betrieben werden konnten und wie man Kalkbrennöfen errichtet und betreibt. Auch das technische Wissen zur Anlage von Straßen und vieles andere mehr, von dem die Kelten kaum eine Ahnung hatten, brachten die römischen Besucher und Siedler mit. Andererseits besaßen die Kelten große Erfahrungen bei der Erzsuche, Verhüttung und Verarbeitung. Auch im Umgang mit Pferden waren sie sehr erfahren und kampferprobt. Sie kannten sich vermutlich besser in der Natur aus als die schon teilweise verstädterten und anspruchsvolleren Römer. Dies alles kann man sich vor Augen halten, wenn man sich die Gründung der römischen Ansiedlung auf dem Magdalensberg vorstellt. Offensichtlich waren die Kelten sehr lernfähig und den neuen Dingen aufgeschlossen. Für den Aufbau der Stadt am Magdalensberg sind auch sehr viele keltische Arbeitskräfte benötigt worden, die für zahlreiche Arbeiten erst angelernt werden mussten. Insgesamt scheint der Anteil der bisher gefundenen Gegenstände keltischen Ursprungs (wie ihre eigenen Eisenprodukte, Bronzeschmuck, Kultgegenstände, Steinplastiken und andere Gegenstände des täglichen Gebrauchs und auch kultische Symbole) in den Ausgrabungen in der römischen Stadt auf dem Magdalensberg viel geringer zu sein, als man früher vermutete. Die auf marmornen Grabstelen geschriebenen keltischen Namen stellen bei den

inzwischen zu römischen Bürgern aufgestiegenen Bewohnern wohl nur noch historische keltische Relikte auf dem Magdalensberg dar (Abb. 60 und 61). Aus archäologischer Sicht lassen sich in der baugeschichtlichen Entwicklung der Stadt auf dem Magdalensberg vier verschiedene Bauperioden unterscheiden (PICCOTTINI 1989a). Von der ersten Phase sind die archäologischen Befunde noch recht dürftig, obwohl eine lebensgroße Bronzestatue eines Jünglings, die bereits 1502 gefunden wurde, mit einer Weihung in diese Phase zu stellen ist. Sie war ein Geschenk zweier Händler, ehemaliger Freigelassener, und vermutlich im Heiligtum einer einheimischen keltischen Gottheit (*Latobius-Mars*) auf dem Berggipfel aufgestellt.

Die römischen Händler ließen sich unterhalb des Gipfelheiligtums nieder und es entstand eine als Marktplatz (Forum) gedeutete Platzanlage mit einer Länge von 110 m und 42 m Breite mit einer großen, 30 m langen Marktbasilika in vor- und frühaugusteischer Zeit, die teilweise von Wohnhäusern und in die Erde eingelassenen Kellertabernen umsäumt waren und als Quartiere, Magazine und Kontore dienten.

In der als reifaugusteisch bezeichneten zweiten Bauphase kam es zu einer stärkeren Erweiterung der Händlerbezirke, während in der dritten Bauphase, die als spätaugusteisch-frühtiberianisch bezeichnet wird, Bauten in Verbindung mit dem kaiserlichen Forum stehen, aber auch eine große Anzahl von Neubauten im Umfeld des städtischen Zentrums beobachtet wurden, wie die Errichtung von Versammlungs- und Archivräumen (Repräsentationsgebäude) sowie der Baubeginn einer Tempelanlage (PICCOTTINI 1989a).

Auf dem Luftbild des Grabungsgeländes (Abb. 2) vom zentralen Parkplatz in der Bildmitte aus gesehen, liegt westlich (links) das Repräsentationshaus (RP) mit roten Dächern, nördlich das Praetorium (hellgrau), rechts davon ist die Tempelruine zu erkennen. Das Gebäude mit dem blaugrauen Dach (östlich des Parkplatzes) beherbergt die zentralen Wirtschaftsgebäude mit der Ausgrabungsleitung. Östlich (rechts) befinden sich die Händlerniederlassungen, Wohn- und Werkstättenviertel, südöstlich (nördlich der Straße) die Südhangbauten. Südwestlich, links unterhalb der Straße liegen die Villa mit der Badeanlage und Terrassenhäusern (AA-Gebäude), unmittelbar südlich des RP-Gebäudes das Lapidarium und die Taberna Celtica (Gasthaus) mit dem kleinen blaugrauen Dach. Die kurvenreiche öffentliche Straße, die im Bereich des Grabungsgeländes schon in römischer Zeit die Hauptstraße darstellte, führt nach Norden zum Gipfel des Magdalensberges mit der Filialkirche der Hl. Helena und der Hl. Maria Magdalena und dem Gipfelgasthaus Skorianz.

In tiberischer Zeit, in den 30er Jahren n. Chr., erfolgten einige Umbauten, während in der vierten, der letzten, als



frühclaudisch bezeichneten Bauphase, in der neben einzelnen individuellen Um- und Neubauten vor allem an den unvollendet gebliebenen Gebäuden des *Prætoriums* und des Tempelbezirks (2. Bauperiode) gearbeitet wurde (PICCOTTINI 1989a).

Mit dem raschen Aufbau der neuen Stadt *Virunum* im Zollfeld wurde die alte Stadt auf dem Magdalensberg verlassen. Erhebliche Mengen an Baumaterial, vor allem bearbeitete Marmorsteine, die als Fassaden und Treppen dienten, wurden vermutlich vom Magdalensberg abtransportiert. Darunter waren sicherlich auch gebrannte Dachziegel, falls in der Bergstadt eine Mehrzahl von Dächern überhaupt mit den teureren und kostbareren Tonziegeln bedeckt waren. Die relativ geringe Menge an Dachziegelresten in den Ausgrabungen auf dem Magdalensberg führt zu dem Schluss, dass entweder die meisten Dächer nur mit Holz gedeckt waren, oder erhebliche Mengen an Dachziegeln zu den Neubauten nach *Municipium Claudium Virunum* gebracht worden sind.

Die Gebäude auf dem Berg zerfielen rasch, der Weg hinauf war schon immer mit einem Höhenunterschied von 450 m beschwerlich gewesen. Nun, wo das Zentrum der Macht, der Bautätigkeit, des Handels und damit auch das Ballungszentrum der Bevölkerung weit unten im Tale lagen, gerieten die alten Ruinen in Vergessenheit. Mehr als ein Jahrtausend lang zerfielen die Bauteile und wurden von einer Bodenbildung überdeckt. Erst im Mittelalter wuchs die bäuerliche Bevölkerung und besiedelte den inzwischen bewaldeten Berg erneut durch Rodungen.

Abb. 2:
Luftbild vom Ausgrabungsgelände auf dem Magdalensberg mit öffentlichen Gebäuden, Tempelanlage, Wohn- und Werkstätten, Händlerbezirk, Südhangbauten und Villa mit Badeanlage (Foto: TICHY 1997)

Erst der Sensationsfund der bronzenen Statue des berühmten Jünglings durch einen pflügenden Bauern (1502) ganz in der Nähe der heutigen Ausgrabungen auf dem Magdalensberg brachte die Erinnerung an die in römischer Zeit blühende Stadt zurück.

Die seit 1948 laufenden umfangreichen Ausgrabungen unter der Leitung des Landesmuseums für Kärnten haben bedeutende Reste der alten Stadt wieder freigelegt und in Jahrzehnte langer Arbeit großartige Funde an das Tageslicht gebracht.

Keltische Erzsucher und Schmiede, römische Bergleute, Hüttenwerker und Steinbrucharbeiter

Die aus dem Südosten Europas eingewanderten Kelten hatten die aus Kleinasien stammenden Kenntnisse über die Metallverarbeitung mitgebracht (PAULI 1980, CUNLIFFE 1991). Es ist anzunehmen, dass keltische „Geognosten“ spätestens im 3. Jh. v. Chr. auf der Suche nach Kupferlagerstätten unterwegs waren und die Eisenerze nur beiläufig entdeckt haben.

Die nahe der Erdoberfläche durch Verwitterung entstandenen, damals deutlich erkennbaren Ausbisse der Kupfer- und Eisenerze in der von ihrem Zentrum am Magdalensberg etwa 25 km entfernten Umgebung Knappenbergs haben sie leicht gefunden und später daraus Eisen erzeugt.

Das eigentliche Erz der Hüttenberger Lagerstätte, der Spateisenstein (Siderit/ FeCO_3 , ein Eisenkarbonat), war aber in dieser Zeit mit Sicherheit nicht direkt an der Erdoberfläche aufgeschlossen. Das Erz entstand vor etwa 90 Millionen Jahren durch den Kontakt aufsteigender, Eisenlösungen führender thermaler Wässer mit Marmoren, die dadurch in Erze umgewandelt wurden. Im Verlaufe von vielen Millionen Jahren haben die Verwitterung und der Abtrag einzelne Erzkörper an der heutigen Oberfläche freigelegt.

Dabei hat sich eine sog. Hutzone gebildet, in der eine Oxidation und Anreicherung des Eisens und Mangans stattgefunden hat. Der ursprünglich hell gelbliche bis hellbraune Siderit (mit maximal 48 % Eisengehalt) wurde durch die Oxidation in dunkelbraune bis schwarze Eisenoxide (mit Eisengehalten von über 50 %) umgewandelt, manchmal vermischt mit grünen und blauen Farben von Spuren der beigemengten Kupfererze. Besonders günstig war vor allem ein 3-4-prozentiger Anteil von Mangan, das zu tiefschwarzen Manganoxiden verwitterte und die Erkennung der Erzlager erleichterte. Bei Reduktionsversuchen auf dem Ausgrabungsgelände des Magdalensberges wurde ein Erz aus der Hüttenberger Gegend verwendet, das 54 % Eisen und 4,25 % Manganoxid enthielt (STRAUBE 1996:64).

Eine früher geäußerte Vermutung, dass auf dem Magdalensberg in größerem Umfang auch Eisenerze verhüttet wurden, hat sich nicht bewahrheitet, weil die Erzlager-

stätten viel zu weit entfernt lagen (Transportweg ca. 25 km Luftlinie). Es sind auch auf dem Magdalensberg bisher keine bedeutenden Reste von Rennöfen ausgegraben worden. Die aufgefundenen Stätten der Eisenverarbeitung haben sich als Schmieden herausgestellt.

Bisher wurde der relativ hohe Mangangehalt in den Erzen als Ursache für die besondere Härte und Qualität des *ferrum Noricum* gehalten (WIESSNER 1953), das von verschiedenen römischen Schriftstellern (Strabon, Plinius d. Ä., Ovid, Horaz, Martial und Petronius) namentlich erwähnt wurde und damit eine besondere Warenbezeichnung für den Norischen Stahl darstellte (STRAUBE 1996). Ovid schrieb in seinen Metamorphosen: „... DURIOR ET FERRO, QUOD NORICUS EXCOQUIT IGNIS.“ (... härter aber als das Eisen, das norisches Feuer erschmilzt.), während Petronius sogar ein Produkt „CULTOS EX FERRO NORICO“ („Messer aus Norischem Eisen“) lobend erwähnt. Man muss aber dabei bedenken, dass wohl alle Erwähnungen norischen Eisens aus der Zeit stammen, als die römischen Kaufleute und wohl auch Schmiede den Magdalensberg längst besiedelt hatten. Ob die von den Kelten selbst hergestellten Eisenerzeugnisse auch von so hervorragender Qualität waren, scheint noch vollständig geklärt zu sein. Es werden in der Literatur vergleichende chemische Analysen von archäologisch gesicherten keltischen und römischen Stahlwerkzeugen vermisst.

SCHULZ (1961) und PLEINER (1966, 1968) haben die hervorragende Qualität des Norischen Eisens auf die Zusammensetzung der Erze zurückgeführt. So sind die Siderite der kärntnerischen Eisenlagerstätten durch einen natürlichen Gehalt von ca. 3–4 % Mangan ausgezeichnet (wie der sehr ähnliche Siegerländer Spateisenstein mit 5–6 % Mangan). SCHAABER (1963) regte intensive Untersuchungen der Eisenprodukte an, um auch die Frage des Härteins und der Bedeutung des Mangans zu untersuchen. Obwohl bekannt ist, dass geringe Mangangehalte in Werkzeugstählen eine verstärkte Durchhärtung bewirken, schätzen PLEINER (1966, 1968), STRAUBE (1964), STRAUBE et al. (1964) und STRAUBE (1996) die Bedeutung des Mangangehaltes in den Erzen für die hohe Qualität des *ferrum Noricum* nur gering ein. Als Begründung machen sie geltend, dass bei von ihnen vorgenommenen Aufkohlungsversuchen mit weichem Rennfeuereisen der Mangangehalt beim Aufkohlungsvorgang selber keine Rolle spiele. Das gelte gleichermaßen für die von den Norikern betriebene Stahlerzeugung. Die besonderen Härteeigenschaften des *ferrum Noricum* führen sie allein auf den Kohlenstoffgehalt der Eisenschmelzen (genauer wohl des erzeugten Schweißeisens) und damit allein auf die besondere Fertigkeit der römischen Schmiede zurück. Sie berücksichtigen dabei nicht, dass hierbei auch die Anwendung der Stahlhärtung durch Wärmebehandlung (zuerst Erhitzen auf etwa 400°C, dann

Abschrecken in Wasser) ganz entscheidend ins Gewicht fallen wird, denn die Kunst der Stahlhärtung ist nachweislich sehr alt und sicher auch den Erzeugern des *ferrum Noricum* bekannt gewesen (OSANN 1939). So wird schon in der Odyssee die Kunst des Stahlhärtens beschrieben und die Ägypter haben ihre Skulpturen und Pyramidenbauten nicht mit Bronze-, sondern mit Stahlmeißeln bearbeitet.

Im übrigen spielt der Mangangehalt in der heutigen Stahlproduktion eine wichtige Rolle als Desoxidations- und Entschwefelungsmittel und bewirkt außerdem einen Legierungseffekt, der zur Herstellung besonders harter Stähle, z. B. für Zahnräder oder Brecherwerkzeuge, erforderlich ist. Diese Eigenschaften von Mangan haben zumindest direkt oder mittelbar einen Einfluss auf die Stahlqualität (freundliche Mitteilungen von Herrn Prof. Dr. Strathmann, Metallurge, Wülfrath, und Herr Dipl.-Ing. Voss, Prüfer im Bereich metallischer Werkstoffkunde, Hamburg).

Insofern kann man die günstigen Auswirkungen des Mangangehaltes auch auf den Norischen Naturstahl wohl kaum außer Acht lassen. Heutzutage werden ja nicht nur die Härte, sondern auch die Festigkeit, die Kerbschlagzähigkeit und die Elastizität (Streckgrenze) bei Stählen aller Art unterschieden. In der DIN-Norm 17.200 über die Gütevorschriften von Vergütungsstählen zählen bei den Kohlenstoffstählen (Ck-Stähle) solche mit Kohlenstoffwerten zwischen 0,18 % bis 0,65 % und Mangangehalten von 0,30 % bis 0,90 % bei niedrigen Phosphor- und Schwefelgehalten zu den Edelfstählen. Ferner bewirkt ein geringer Mangangehalt im Stahl einen Korrosionsschutz, der vielleicht für die gute Erhaltung der Werkzeugfunde aus der Römerzeit beigetragen hat. Die Luppen (aus dem Rennverfahren erhaltenes Schweißbeisen) haben teilweise höhere Mangangehalte als einige der untersuchten Werkzeuge, die daraus hergestellt worden sind. Möglicherweise wurde das durch einen aus dem Hochofenprozess bekannten Effekt verursacht, wonach bei geringer Basizität der Schlacke letztere viel Manganoxid an sich reißt und es so daran hindert, ins Eisen einzugehen (OSANN 1939:83–84). Im Zusammenhang mit der Schlacke sei darauf hingewiesen, dass gerade manganreiche Spateisensteine, wie auch im vorliegenden Fall, ohne weiteres eine schmelzgerechte Schlacke ergeben (OSANN 1939:58), die insbesondere beim Rennprozess hoch willkommen war.

Wir sind an dieser Stelle etwas ausführlicher auf die komplexen Gegebenheiten bei der Härtung von Stahl und den Auswirkungen von Mangangehalten auf dessen Werkstoffeigenschaften eingegangen, um eine etwas breitere Grundlage für die Diskussion über die Härte des *ferrum Noricum* anzuregen.

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Erkenntnis, dass das berühmte *ferrum Noricum* vom Magdalens-

berg nicht ein Produkt der Kelten ist, sondern den aus Italien stammenden Schmieden zu verdanken ist (DOLENZ 1996).

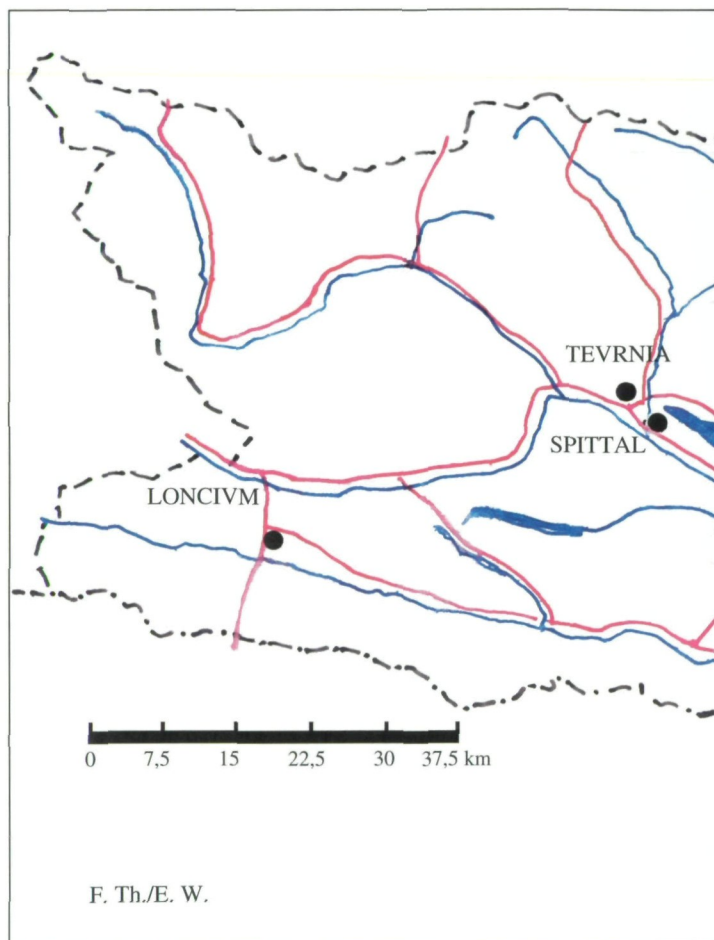
Durch den etwa zu Beginn unserer Zeitrechnung intensiver werdenden Handel mit den stählernen Eisenwerkzeugen waren die nicht sehr großen eisenreichen Erzkörper bald verbraucht. Damit begann der untertägige Abbau auch der ärmeren Eisenerze. SEELAND (1885) berichtet von einem sensationellen Fund am 9. Juli 1884: Zeugnisse eines einstigen Grubenunglücks römischer Bergleute etwa 20 m unter der Tagdecke im Knichtestollen im sehr hoch gelegenen Janggen-Haselrevier (bei 1240 m) oberhalb von Knappenberg. Neben den Knochenresten wurden rote Tonscherben einer Grubenlampe und 4 Münzen aus dem 3. Jh. gefunden. Ein Silberdenar stammt aus der Zeit des Caius Vibius Trebornianus Gallus, dessen Regierungszeit zwischen 251 und 254 lag. Ein weiterer erst 1950 angefahrener Gangabbau auf Kupfererze in Brauneisenstein im Gossener Revier von Knappenberg barg Tonscherben aus dem 3. bis 4. Jahrhundert (PICCOTTINI 1995).

STRABON (64/63 v. Chr. bis 23 n. Chr.) berichtet in seinem „Liber quintus“, dass bei Noreia Goldwäschereien und berühmte Eisenerzeugungsstätten lägen. Im Gebiet der Klienung (nordöstliche Saualpe) sind Goldseifen bekannt, in denen schon die Römer Gold wuschen, auch der Name des Flusses Lavant könnte (von lateinisch *lavare*) als Hinweis auf römerzeitliches Goldwaschen gedeutet werden. Allerdings wird im Ortsnamenbuch von Kärnten der Name Lavant als „vor-Schrift-slowenisch“ von „albanta“, die „Weißglänzende“, „Weißenbach“ abgeleitet (KRANZMAYER 1958:134).

Aus dieser Zeit stammen auch die vielen antiken Rennöfen, die bei Mösel und Raffelsdorf (hier mit spätantiken Funden aus dem 5./6. Jahrhundert) gefunden wurden und noch vermutet werden (GLASER 1995, HORSTMANN 1995, GLASER 2001). Reste dieser Rennöfen wurden auf dem Ausstellungsgelände des Magdalensberges und vor dem Talmuseum in Klein St. Paul aufgestellt. Nach den bisherigen Funden und eigenen Beobachtungen kann der Talbereich zwischen der Einmündung der Lölling (Vierlinden) in die Görtsschitz bis Mösel-Raffelsdorf als der Hauptstandort der römischen industriellen Eisenverhüttung im Görtsschitztal angesehen werden. Schon beim Bau der Eisenbahn Mösel-Hüttenberg waren 1870 an der gleichen Stelle bereits Reste von mehreren Öfen gefunden worden (MÜNICHSDORFER 1870, 1871). In diesem Produktionszentrum waren vielleicht die keltischen Eisenwerker an den Öfen die ersten Industriearbeiter des Görtsschitztales. Von hier stammt auch die keltische Gewandnadel mit dem Motiv eines Pferdes (Abb. 4). Sie wurde vielleicht von der jungen Frau eines Hüttenarbeiters in Ofennähe verloren

und nach annähernd zweitausend Jahren zufällig im Talboden der Görtsschitz bei unseren geologischen Kartierarbeiten 1960 wiedergefunden. Römische Kleinfunde und Mauerreste sind aus der Nachbarschaft der Rennöfen beim Möselhof bekannt, die zunächst nur als römische Straßen-Wachstation an der Engstelle der Görtsschitz zu den Eisenvorkommen gedeutet wurden (SCHUSTER 1950, GLASER 2000).

Abb. 3:
Keltisch-römische Siedlungen und
antike Abbaustätten der Baumaterialien und -rohstoffe in Kärnten



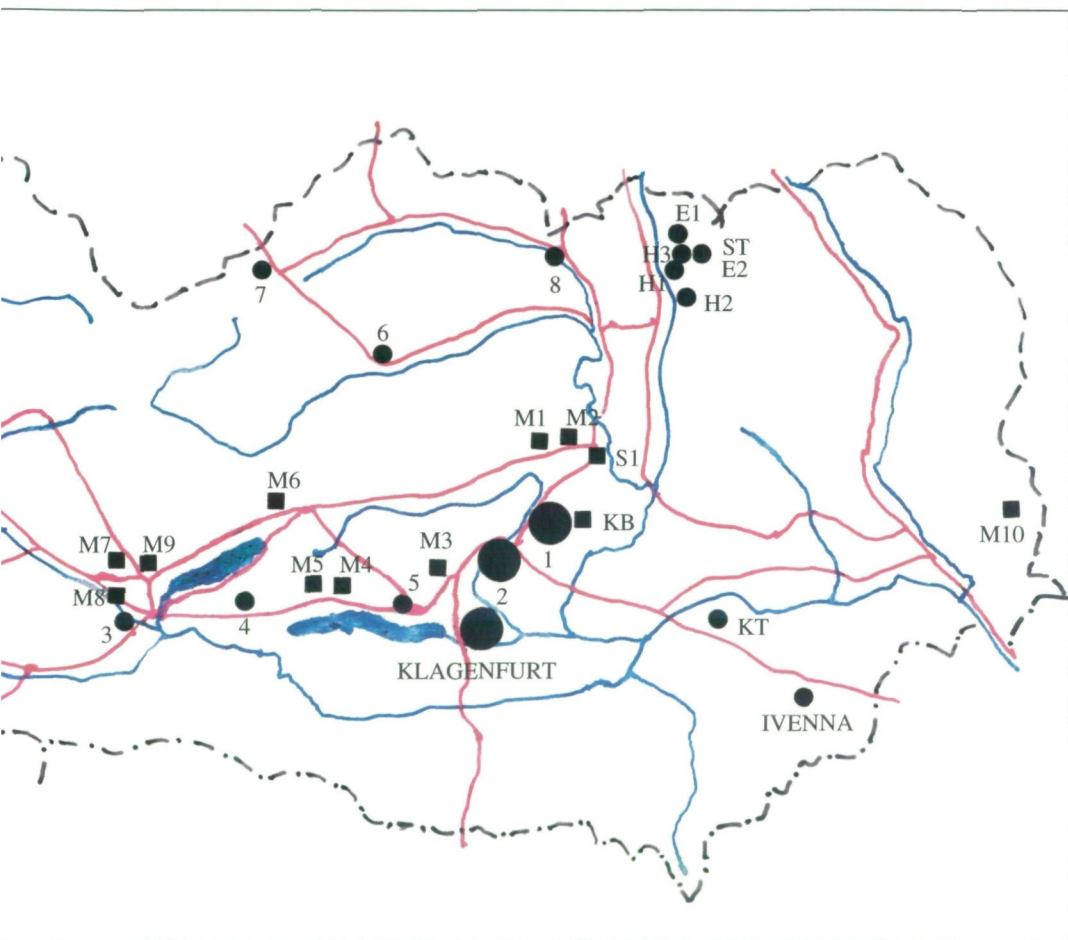
Marmorbrüche

- M1 – Kraig
- M2 – Steinbrücken
- M3 – Tentschach
- M4 – Sekull
- M5 – Parvor
- M6 – Tiffen
- M7 – Krastal
- M8 – Gummern
- M9 – Treffen
- M10 – Spitzelofen

- KB – Oberlaboner/Kalkofen
- KT – Peratschitzen/
Kalksinter-Bruch
- ST – Knappenberg/Römerstollen
- H1 – Rennöfen Vierlinden
- H2 – Rennöfen Mösel
- H3 – Rennöfen Sendlach

Dieser Talbereich war noch lange im Mittelalter Standort für verschiedene Hammerwerke, in denen Eisen verarbeitet wurde, wie der Voitsch-Hammer an der Eisenbahnbrücke nördlich Mösel (Abb. 3).

Im Bereich der Ortschaft Sendlach sind uns bei geologischen Kartierarbeiten gehäuft Schlackenreste aufgefallen. Funde von zwei schönen keltischen steinernen Köpfen in



- Eisenervorkommen Knappenberg
- Eisenervorkommen Lölling
- Kreidekalke mit Rudisten bei Passering

- 1 - Magdalensberg
- 2 - MVNICIPIVM CLAUDIVM VIRVNM
- 3 - Santicum
- 4 - Tasinemetum
- 5 - Saloca
- 6 - Beliantrum
- 7 - Tarnasicae
- 8 - Candalicum

- Antike Straßen
- Flüsse, Seen, Gewässer



Abb. 4:
Bronze-Pferdchen, keltische
Gewandfibel, gefunden 1960 im
Bereich der keltisch-römischen
Rennöfen im Gortschitztal bei
Mösel/Vierlinden, Breite 3 cm.

der Nähe des Zenzwirtes belegen die Besiedlung in vor-römischer Zeit in unmittelbarer Nähe zu den „Eisenwurz“ des Knappenberger Raumes.

Vermutlich haben die Kelten unter römischer Anleitung und Aufsicht die ersten Gebäude Kärntens auf dem Magdalensberg aus festen Bausteinen errichtet (die ältesten Bauten unter der Tempelanlage haben bereits römische Fußmaße). Zur Gewinnung des Baumaterials war die Anlage von Steinbrüchen notwendig. Bei den Ausgrabungen kamen häufig anstehende Felspartien in den Häusern zutage. Dies bedeutet, dass in den ersten Bauphasen das Lockermaterial und der feste Fels auf den Hängen des Magdalensbergs bei den Terrassenbauten gleichzeitig Steinbruch, Baugrundstück und Baumaterial waren. Später wurde dann auch Baumaterial aus der Nähe (besonders von der vermutlich unbewohnten Nordseite des Magdalensbergs), aber auch vereinzelt aus neu angelegten Steinbrüchen in weiterer Umgebung heran transportiert, wie z. B. Marmor- und Kalksinterblöcke aus verschiedenen Regionen Kärntens.

Geologische Erforschung des Magdalensberges

Obwohl seit der Ankunft der Römer besonders im Mittelalter zahlreiche kleine Steinbrüche für die Gewinnung von Bruchsteinen zur Errichtung von Gebäuden und Mauern entstanden waren, haben sich Geologen erst relativ spät für die schiefrigen Gesteine in der Umgebung des Magda-

lensberges nördlich von Klagenfurt interessiert. Als erster erwähnte HÖFER (1894) die vulkanischen Tuffe am Magdalensberg, die er in das Karbon stellte. KAHLER & WOLSEGER (1934) beschrieben verschiedene Metabasalt-Typen (Meta-Diabase) mit Mandelsteinen und vulkanische Lockersedimente (Pyroklastika). Sie erkannten die viel größere Verbreitung dieser Gesteine in Kärnten. Interessant ist dabei die Bemerkung auf einen Hinweis des Archäologen Dr. Franz Jantsch, dass diese „dichten Abarten [der Meta-Diabase] die wichtigsten Bausteine für die Mauern der Häuser von Virunum waren“. Dies scheint die erste Wahrnehmung über die Verwendung und Herkunft von Bruchsteinen als Baumaterial der römischen Städte zu sein.

Bei Kartierungen 1937/38 in dem Dreieck zwischen Brückl, St. Donat und Pischeldorf fand SEELMEIER (1939, 1940) am Christophberg mäßig gut erhaltene Brachiopoden-Abdrücke. Mit diesen Fossilien konnte MURBAN (1939) zum ersten Mal das geologische Alter der Gesteine in der Umgebung des Magdalensberges als Caradocium (Oberes Ordovizium, ca. 460 Mill. Jahre) bestimmen.

In seiner Beschreibung über den „Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens“ benennt KAHLER (1953) diese Gesteinsabfolge als „Magdalensbergserie“, womit der Magdalensberg als Typlokalität eingeführt wird. Einige Jahre später erscheint die von KAHLER (1962) bearbeitete geologische Karte der Umgebung von Klagenfurt im Maßstab 1:50000 mit einer Zweiteilung der Serie in Phyllite (Tonschiefer) und Abkömmlinge basischer Vulkanite im Bereich des Magdalensbergs.

In den 1960er Jahren erfolgte eine Neuaufnahme und eingehende Bearbeitung dieses Mittelläntner Raumes in einer großen Arbeitsgemeinschaft der Universitäten Wien, Clausthal-Zellerfeld, Tübingen, der Mineralogisch-Geologischen Abteilung der ÖAMG in Knappenberg und dem Landesmuseum für Kärnten.

Die Dissertation von MITSCH (1967) stellt die erste eingehende geologische Bearbeitung des Magdalensberges dar. RIEHL-HERWIRSCH (1970) veröffentlichte den Entwurf eines Gesamtprofils der Magdalensbergserie im Hauptverbreitungsgebiet zwischen Glan und Gurk und äußerte sich zur Frage der Altersstellung der Magdalensbergserie, für die er die Bezeichnung „Magdalensberg-Folge“ vorschlug. Durch Conodonten-Funde konnte RIEHL-HERWIRSCH (1970) das oberordovizische Alter, das SEELMEIER (1939) bereits ermitteln konnte, bestätigen.

Eine Neubearbeitung der Brachiopoden beim Brucknigkogel südlich des Christophberges durch HAVLICEK et al. 1987 bestätigte das oberordovizische Alter erneut mit einer genaueren Einstufung in die böhmische untere Beroun-Serie (Unter-Caradoc bis Ober-Llandeilo). Diese Brachiopoden stellen noch immer die ältesten bestimmbarsten Makrofossilien der Alpen dar.

Aufbau und Alter der Magdalensberg-Folge

Die auffälligsten Gesteine dieser Folge sind die metabasaltischen Produkte eines oberordovizischen Vulkanismus, die eine feinklastische Siltsand-Tonsedimentation unterbrochen haben (Abb. 5). Mit der Frage der paläotektonischen Stellung der Vulkanite hat sich LOESCHKE (1989) beschäftigt. Er kommt zu dem Resultat, dass die Laven und Tuffe spilitischer (basaltischer) Zusammensetzung in einem intra-kontinentalen Riftbereich oder in einer Lage an einem passiven Kontinentalrand gefördert wurden. Er vergleicht die plattentektonische Position der Magdalensberg-Vulkane mit der Lage der Kanarischen Inseln im Atlantik an einem passiven Kontinentalrand. Die Lagerungsverhältnisse der vulkanischen Lockersedimente (pyroklastisch) wie Tuffe und Tuffite sowie monomikte grobe Metabasalt-Konglomerate sprechen für eine Insellage einzelner Vulkane (RIEHL-HERWIRSCH 1970).

Man muss sich die paläogeographische Lage des Alpenraumes im Ordovizium am Westrand des Gondwana-Großkontinentes vorstellen, der sich von 30° Nord (Australien) über den Äquator (Antarktis, Indien) bis zum Südpol erstreckte (Afrika und Teile von Südamerika) (SCOTSE & GOLONKA 1992). Die Ostalpen lagen damals in etwa 70° südlicher Breite auf dem Gondwana vorgelagerten Schelf, der von einem aktiven Kontinentalrand begrenzt wurde. Die Brachiopodenfauna beim Karlbauer am Christophberg (4 km südwestlich des Magdalensbergs) wird als Hinweis auf eine kurzzeitige klimatische Erwärmung während des Caradociums gedeutet (HAVLICEK et al. 1987).

Bei den Vulkaniten, die den Hauptteil der nach RIEHL-HERWIRSCH (1970) auf etwa 700 m Mächtigkeit geschätzten Magdalensberg-Folge ausmachen, handelt es sich um spilitisierte alkalische Basaltprodukte (Tuffe), die verändert wurden. Die primären Anorthit-reichen Feldspäte der z. T. porphyrisch ausgebildeten Lava sind durch den Kontakt mit salzigem Meerwasser in Albit (Austausch von Kalzium gegen Natrium) umgewandelt worden, während in der teilweise sehr dichten feinkörnigen Grundmasse Na-Feldspat, Chlorit, Karbonat, Epidot, Stilpnomelan, Aktinolith, Leukoxen und Erz zu finden sind (LOESCHKE 1989).

Der Anteil an Lava ist verhältnismäßig gering, dabei kann man verschiedene Typen, normale, dichte, kristallreiche (Albit, Pyroxen), blasenreiche (Mandelsteine) und Pillowlaven unterscheiden. Letztere kissenförmige Formen beweisen den submarinen Austritt der Lava. Interessanterweise sind im Gebiet des Magdalensberges keine echten Tuffe, d. h. aus in der Luft zerspratzten Lavateilchen, gefunden worden (MITSCH 1967) wohl aber im östlich angrenzenden Gebiet des Christophberges, in dem das Zentrum des oberordovizischen Vulkanismus vermutet wird (RIEHL-HERWIRSCH 1970).



Abb. 5:
Geologisches Säulenprofil der alt-paläozoischen Vulkanit- und Tonschiefer-Folgen des Magdalensbergs in Kärnten. Gesamtmächtigkeit ca. 700 m (KETTRUP 1998 nach RIEHL-HERWIRSCH 1970)

Die Mehrzahl der massigen Metabasalte stammten aber nicht aus Lavaergüssen, sondern stellten vermutlich vertikale Gangbasalte (Dykes) und flache Lagergänge (Sills) dar, die in die umgelagerten Tuffe/Tuffite intrudierten.

Die Hauptmasse aller Gesteinstypen wird von vulkanischen Lockergesteinen (Pyroklastika) gebildet, die alle durch Transport im Meerwasser umgelagert wurden oder auch mit nicht vulkanischem Material vermischt und sekundär verfestigt wurden (Tuffite). Dabei kann man vor allem verschiedene Korngrößentypen unterscheiden, die die Größe der Auswürflinge charakterisieren wie Bomben, Lapilli, Blöcke, Schlacken und Aschen. Einige der Meta-Aschen- und Meta-Lapilli-Tuffe wurden im Gelände als Meta-Basalte eingestuft; sie konnten erst in Dünnschliffen als Meta-Tuffe erkannt werden.

Als Meta-Brockentuffe wurden Gesteine mit einer Komponentengröße von mehr als 20 mm bezeichnet, Komponentengrößen zwischen 2 und 20 mm als Lapillituffe, zwischen 2 und 0,2 mm als körnige Tuffe, während Korngrößen unter 0,2 mm als Aschentuffe eingestuft wurden. Einige der Meta-Tuffe sind voller Feldspatkristalle (Albit) und Pyroxenen, die meist als Hornblende-Pseudomorphosen vorliegen.

Manche Gesteinstypen werden als „Flatschentuffe“ bezeichnet, die durch tektonische Plättungsvorgänge und

Metamorphose zu Chlorit und Biotit umgewandelte Pyroxenkristalle oder Glasfetzen darstellen.

Sehr auffällig sind Farbunterschiede bei den Tuffen, vor allem grüne und rote bis violette Farben, die von Chlorit bzw. feinsten Hämatitkristallen herrühren und die aus hydrothermalen Lösungen stammen. Diese Roteisensteinbildungen, die man vereinzelt auch im Gebiet des Magdalensberges finden kann (Abb. 18), können mit ähnlichen Vorkommen im Rheinischen Schiefergebirges verglichen werden (RIEHL-HERWIRSCH 1970).

Eine ausführlichere Beschreibung der geologischen Verhältnisse am Magdalensberg ist in einer in Vorbereitung befindlichen Arbeit vorgesehen.

Tektonik in der Umgebung des Magdalensberges

Das Gesteinspaket des Magdalensberges gehört zur Gurktaler Decke (Murauer Teildecke) und ist Teil des Ober-Ostalpinen Deckensystems. Sie bildet die variscische Grundgebirgs-Unterlage der im Krappfeld aufgeschlossenen Deckgebirgsfolgen mit der vom Gipfel des Magdalensberges erkennbaren Permotrias Abfolge zwischen dem Längsee und Brückl, zu der auch der hoch aufragende Dolomitfelsen mit der Burg Hochosterwitz gehört. Unter dem mit seinen Schichten generell in westliche Richtungen einfallenden Magdalensberg-Massiv befindet sich zunächst eine Deckeneinheit des Mittel-Ostalpins mit Glimmerschiefern, Marmoren, Pegmatiten und Amphiboliten, die südlich und südwestlich des Ulrichsberg-Komplexes die hügelige Landschaft zwischen Wörthersee und Ulrichsberg bildet.

Im höheren tektonischen Stockwerk der Magdalensberg-Folge wurden alle altpaläozoischen Gesteine im Unterkarbon von einer großregional angelegten Deformation betroffen, die zu einer Verfaltung und intensiven Schieferung geführt hat. Es lassen sich z. T. besonders auf feinklastischen Schieferungen mehrere feine runzelige Verfaltungen mit unterschiedlichen Achsenrichtungen erkennen. Die prägende Schieferung variscischen Alters verläuft in den wenigen zu beobachtenden Fällen parallel zur sedimentären Schichtung. Diese Schieferung verursacht die relativ leichte Teilbarkeit der Gesteine zu handlichen Blöcken, die den Steinbrucharbeitern und Maurern am Magdalensberg willkommen war.

Am deutlichsten sichtbar sind zahlreiche kleinere Oberkreide- bis Tertiär-zeitliche bruchtektonische Bewegungen, die in allen Fällen Abschiebungen hervorgerufen haben. In mehreren Fällen sind auch Versätze von 100 m und mehr zu beobachten. Sie sind besonders deutlich, wo die permischen roten Sedimente gegen Teile der Magdalensberg-Folge verstellt sind. So verläuft östlich des Magdalensberges eine Störung in N-S-Richtung, die sich von Ottnach

bis in den Raum von Launsdorf verfolgen lässt. Noch weiter östlich ist ein schmales komplizierteres Grabensystem im Bereich des Labongrabens aufgeschlossen, in dem mitteltriadische Dolomite, Kalke und karnische Schiefer versenkt sind. Diese Kalke und Dolomite der Triaszeit beim Ober-Laboner sind vermutlich von den Römern als Rohstoff für die Herstellung von gebranntem Kalk abgebaut worden, der für den Mörtel zum Bau der Mauern auf dem Magdalensberg benötigt wurde.

Alle diese größeren und sicherlich viele kleine, kaum erkennbare Nord-Süd-Störungen gehören zum großen Bruchsystem des Krappfeldgrabens, der sich weiter nach Norden fortsetzt (THIEDIG 1999). Außer den meridional verlaufenden Störungen, sind auch Ost-West und diagonale Querstörungen geringeren Ausmaßes beobachtet worden.

Das Baumaterial der römischen Stadt auf dem Magdalensberg

KIESLINGER (1953) hat in seinem Buch über die „Nutzbaren Gesteine Kärntens“ (1956) sehr nützliche Übersichten gegeben. Darin erwähnt er die geschieferten Diabase, die als Bruchstein eine große Rolle bei den römischen Bauten gespielt haben. An zweiter Stelle stehen die Marmore, die vor allem als Verblendungen und Treppenstufen an wichtigen öffentlichen römischen Gebäuden verwendet wurden. Marmore sind auch als Bildsteine (Grab- und Gedenksteine) in großer Anzahl in Kärnten verstreut. Eine Reihe uns bekannter römischer Steinbrüche wird weiter unten behandelt. KIESLINGER (1956) beschreibt unter den einzelnen Gesteinen Kärntens die Verwendung von Kalksintern (Kalktuffe) für die römischen Warmluftheizungen (*hypocaustum*), sowie als Gewölbe- und Ecksteine.

Es gibt weitere Gesteinsarten in den Mauern, z. B. eiszeitliche Geschiebe des Draugletschers, sowie Kalke und Sandsteine verschiedener Herkunft, die aber quantitativ nur eine sehr untergeordnete Rolle in der Bausubstanz der römischen Stadt auf dem Magdalensberg spielen. Neben den Bruchsteinen aus der paläozoischen Vulkanitfolge, den Marmoren, Kalksintern und aufgesammelten Geschieben haben die Römer sicherlich gebrannte Dachziegel und große Mengen an Holz für ihre Bauten verwendet, die sich aber nicht erhalten haben.

Eine wichtige Rolle als Baumaterial für die Herstellung der Mauern spielt auch der gebrannte Kalk. Unentbehrlich waren auch Zuschlagstoffe wie Sand und Kies. Von Interesse sind auch weitere, nicht in der unmittelbaren Umgebung des Magdalensberges vorkommende Gesteinsarten, die für die Herstellung z. B. von Mühlsteinen, Mosaiken, Farben usw. benötigt wurden.



Abb. 6:
Ehemalige etwa 10 m hohe Steinbruchwand aus vulkanischen Meta-Tuffen, westlich des sog. Felsenheiligtumes (Ausgrabungen DOLENZ 2002)

Örtlich anstehendes Baumaterial

Den Hauptteil des verwendeten Baumaterials stellen die in der unmittelbaren Umgebung anstehenden Tuffe und Tuffite sowie in geringerem Ausmaß Metabasalte dar. Eine große Anzahl von Bausteinen wurden bei der Anlage der terrassierten Hangbauten aus den Böschungen gewonnen, die direkt zur Errichtung von Mauern Verwendung fanden.

Im Bereich des sog. Felsenheiligtums (nördlich der Tempelanlage) haben Ausgrabungen im Jahr 2002 eine etwa 10 m hohe Felswand freigelegt, die schon vom Parkplatz aus auffällt. Es handelt sich um einen Aufschluss in den vulkanischen Tuffen der oberen Magdalensberg-Folge, der in Römerzeiten zeitweise als Steinbruch diente. Die Schichten fallen mit etwa 25° nach Südwesten ein (Abb. 6). Wenige Meter östlich des sog. Felsenheiligtums unmittelbar neben einem Mauerrest befindet sich ein Meta-Basaltfels, der in Form eines flachen Lagergangs (Sill) in die vulkanischen Tuffe eingedrungen ist (Abb. 7). Am linken Bildrand sind Mauerreste eines Wasserbeckens (Zisterne?) erkennbar. Weiter östlich nahe des Doppelttores ist im Gebäude NG/44 eine SW-exponierte Steinbruchwand in Tonschiefern aufgeschlossen, die gefaltet ist und kleine tektonische Überschiebungs-Störungen erkennen lässt (Abb. 8 und 9). Die Faltenachsenfläche fällt mit 25° nach Nordwesten ein, während die Überschiebungsbahnen steiler mit 40° bis 50° nach NW geneigt sind (nach WEINERT 1996:45). Neben



Abb. 7: Meta-Basalt (Lava) als flacher Lagergang (Sill) am sog. Felsenheiligtum. Am linken Bildrand Mauerrest eines Wasserbeckens (Zisterne)



einer Reihe von Felsaufschlüssen im Wohn- und Werkstättenbezirk, im Händlerviertel und in den Südhangbauten, gibt es im Bäckereigebäude der Villa mit Badeanlage (AA-Häuser) in SW der heutigen Ausgrabungen über 2 m hohe Felswände eines alten Steinbruchs mit aufgesetzten Mauerresten (Abb. 10).

Abb. 8: Steinbruchwand des Terrassenhauses NG /44 mit Mauerresten, NW des Doppelttores. Stark verwitterte Tonschiefer der Magdalensberg-Folge, gefaltet und mit kleinen Aufschiebungen (Vergl. Skizze Abb. 9)

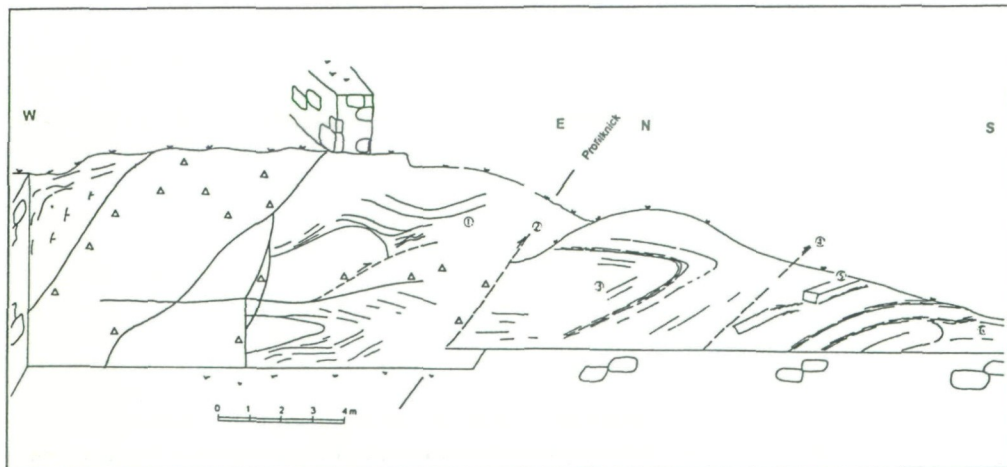


Abb. 9: Geologische Skizze zu Abb. 8. Tonschiefer-Aufschluss, Haus NG /44 mit Eintragung der Lage der Falten und Überschiebungsbahnen (nach WEINERT 1996)



Abb. 10:
Vulkanische Meta-Tuffe der
Magdalensberg-Folge, mit aufge-
setztem Mauerwerk, Gebäude AA/17,
Bäckerei im Bereich der Villa mit
Badeanlage

Bei den Bausteinen der am Ort anstehenden Magdalensberg-Folge wurden 11 verschiedene Gesteinstypen unterschieden: Metadiabasschiefer, Meta-Diabas, Pillow-Lava, violetter Meta-Staubtuff, grüner Meta-Staubtuff, gebänderter Meta-Staubtuff, Meta-Aschentuff, Meta-Chloritflatschen-Tuff, Meta-Lapillituff, Meta-Brockentuff und braun verwitternder Metatuff (z. T. karbonatisch).

Hier erwähnte und abgebildete Einzelsteine sind nur wenige Beispiele von unzähligen Mauerbruchsteinen aus der Vielfalt der römischen Mauern. Von den Lavastücken der Magdalensberg-Folge sind zwei ausgewählt, ein dunkelgrüner Meta-Basalt mit zahlreichen kleinen Gasblasen, aus denen vermutlich eine kalzitische Füllung bereits herausgewittert ist (Abb. 11), und eine seltenere kleine Kissenlava (Pillow), die den untermeerischen Ausfluss von flüssiger Lava beweist (Abb. 12).

Grünliche lagige Feintuffe mit bräunlich, dünnen, tuffischen Einlagerungen (Vermischung mit terrestrischem Silt-Tonmaterial, Abb. 13), violette Staubtuffe (Abb. 14 und 16), grüne Lapilli- und Brockentuffe (Abb. 15) und grüne Kristalltuffe mit z. T. umgewandelten Pyroxenen (Abb. 16, rechts) zeigen die große Vielfalt vulkanischer Tätigkeit. Sehr interessant für die geologischen Verhältnisse der fossilen Vulkane sind mit verschiedenen Komponenten vermischte polymikte Konglomerate, die von einer Strandbildung zeugen (Abb. 17). Die Vulkane müssen zeitweise über die Wasseroberfläche herausgeragt haben, der



Abb. 11:
Meta-Basalt (Lava) mit zahlreichen kleinen Gasblasen (ursprüngliche Kalzitfüllung herausgewittert). Ost-exponierte Wand zur Bäckerei, Villa mit Badeanlage, Größe 47 x 22 cm, ca. 70 cm über Niveau



Abb. 12:
Kleine Kissenlava (Pillow) eines submarin erkalteten Lava-Ausflusses, Praetorium/Tempelbereich, Länge ca. 25 cm



Abb. 13:
Feinlagiger blaugrau verwitternder Staubtuff mit bräunlichen tuffitischen Zwischenlagen, Westwand des Praetoriums, Größe 36 x 14 cm, 170 cm über Niveau

Abb. 14:
Violetter Staubbuff mit dunkleren
Lagen. Blick auf glatte Schieferungs-
fläche, Podest am Praetorium (Süd-
wand-Ecke). Größe ca. 34 x 16 cm



Abb. 15:
Grüner Brockentuff, Mauerstein-
Depot östlich des Doppeltores.
Größe 36 x 14 cm

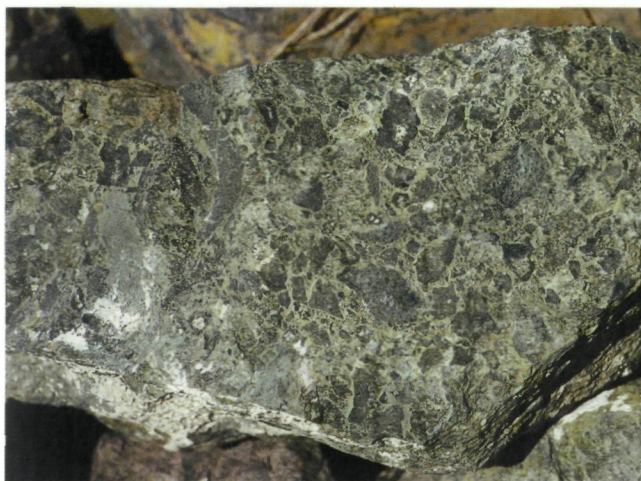


Abb. 16:
Violetter Staubbuff (links, 26 x 11 cm)
und grüner Kristalltuff
(rechts, 26 x 13 cm, mit Hornblenden
pseudomorph nach Pyroxen),
Südhang-Gebäude SH /13, ca. 130 cm
über Niveau





Abb. 17:
Polymiktes Konglomerat, durch
Schieferung deformiert. Wandmale-
rei-Museum, Südwand Mitte,
Größe 23 x 7 cm, 90 cm über Niveau

Wellenschlag am Ufer hat die verschiedenen Lava- und Tuff-Gesteinsbrocken gerundet, spätere diagenetische Vorgänge haben sie zu Konglomeraten verkittet. RIEHL-HERWIRSCH (1970) hatte bisher nur von monomikten Konglomeraten mit rein basaltischen Komponenten berichtet, die am Landschadenkogel (südlich des Christophberges) in 5 km Luftlinie aufgeschlossen sind. Auf dem bewaldeten Riegel südlich der Ausgrabungen steht an einer Stelle eine postvulkanische Roteisenstein-Vererzung an, die auch in Klüften gangförmig auftreten kann, wie ein Mauerstein in den AA-Häusern belegt (Abb. 18). Wegen der rötlichen Farbe wurden diese Vererzungen vermutlich für Zinnober gehalten, wovon sich der Name des Zinnobergrabens nördlich St. Filippen ableiten lässt.

Die Prozentgehalte dieser verschiedenen Gesteinstypen wechseln in den Mauern erstaunlich stark, vermutlich je nach den gerade in Betrieb befindlichen Steinbrüchen.



Abb. 18:
Postvulkanische Klüfte mit schwacher
Roteisenstein-Vererzung,
Bereich Villa mit Badeanlage-Nutz-
wasserbecken, Ostseite (AA/29),
Eckstein 22 x 17 x 33 cm, 50 cm über
Niveau

So zeigen einige Gebäude der Wohn-und Werkstättenhäuser (NG/11, NG/14, NG/21, NG/ 28) in ihrem Originalmauerwerk einen 94 % Anteil an Meta-Basalten. Sonst schwankt der Anteil der Meta-Basalte zwischen 24 % und 45 % der gezählten Bausteine.

Die übrigen 8 unterschiedenen vulkanoklastischen Gesteinstypen der Magdalensberg-Folge variieren zwischen 51 % und 78 %, stellen also insgesamt den größten Anteil dar.

Die nicht bestimmbarsten Gesteine erreichen bei den von uns ausgewählten Originalmauern in einigen Fällen fast 30 %, weil sie entweder sehr verschmutzt sind oder mit Mörtel und Wandverputz zugedeckt sind. Bei den wieder errichteten Mauern sind aus den selben Gründen noch mindestens 12 % nicht identifizierbar, obwohl diese Bausteine von altem Mörtel usw. weitgehend befreit wurden und daher leichter identifizierbar wären. Wir können aber davon ausgehen, dass auch bei den nicht bestimmbarsten Mauersteinen der Anteil der am Magdalensberg lokal anstehenden vulkanischen Gesteine etwa 95 % beträgt.

Mauersteine aus eiszeitlichem Geschiebe-Material (Quartär)

Während der letzten Würm-Vereisung in den Ostalpen erreichte der Draugletscher erneut die Kärntner Mittelgebirge (VAN HUSEN 1987). Aus unseren Kartierungen (THIEDIG et al. 1999) und Beobachtungen von MITSCH (1967) geht hervor, dass der Würm-Hochstand, der am Magdalensberg nachgewiesen ist, im Bereich der Westseite beim Zechnerkogel 950 m Seehöhe erreicht hat, während auf der Nordseite die höchste Quartärgrenze bei 800 m liegt. Sie sinkt in nordöstlicher Richtung weiter ab und erreicht beim Oberlaboner noch 670 m. Auf der Südseite des Magdalensberges hat das Eis bis über die Wasserscheide der nach Norden abfließenden Bäche gereicht (ca. 900 m). Der Parkplatz bei den Ausgrabungen liegt in 925 m Seehöhe im Bereich des glazigenen Quartärs. Der Ausläufer des Draugletschers, der in die Talung von St. Donat/Launsdorf bis nach Hochosterwitz eindrang, wurde bei Pölling etwa 7 km nordöstlich des Magdalensberges gestoppt.

Die glazigenen Geschiebe des Draugletschers stammen überwiegend aus den Hohen Tauern (einschließlich Kreuzeck-Gruppe) und den Bergflanken der Karnischen und Gailtaler Alpen, der Nordkarawanken und dem Bergland des Klagenfurter Beckens, die der Gletscher auf dem Weg zum Magdalensberg abgeschürft hat. Das mitgebrachte Gesteinsmaterial stellt geologisch ein allochthones Fremdmaterial dar. Für die Römer oder auch für die heute dort lebenden Bewohner war das Material natürlich schon auf dem Magdalensberg vorhanden, ist also in bezug auf seine Verwendung zur Errichtung von Gebäuden autochthon.



Abb. 19:
Eiszeitliches Geschiebe, Hornblende-
gneis. Herkunft: Hohe Tauern,
Bereich Villa mit Badeanlage (AA-
Häuser), Länge ca. 30 cm



Abb. 20:
Eiszeitliches Geschiebe, Gneis,
Herkunft: Östliche Zentralalpen,
Hohe Tauern. Wohn- und Werk-
stättenviertel, Haus NG 19, Größe
24 x 14 cm, ca. 50 cm über Niveau



Abb. 21:
Eiszeitliches Geschiebe,
quarzitische Granat-Glimmer-
schiefer, Herkunft: Östliche
Zentralalpen, Hohe Tauern.
Wohn- und Werkstättenviertel
Haus NG/32, Westwand,
Größe 18 x 12, 50 cm über Niveau

Abb. 22:
Eiszeitliches Geschiebe, intensiv
gefalteter quarzitischer feinkörniger
Glimmerschiefer mit gefalteten
Quarzmobilisaten.
Herkunft: Kristallin des Gerlitzenge-
bietes, Klagenfurter Becken. Bereich
des Wohn- und Werkstättenbezirks.
Größe ca. 30 x 25 cm



Neben reichlich lokalem Material der Magdalensberg-Folge treten in dem Moränenmaterial vor allem diverse weit transportierte Granite, Metamorphite wie Gneise, Glimmerschiefer, Amphibolite, Meta-Quarzite u. a. der Hohen Tauern und auch Gesteine des Paläozoikums und des Mesozoikums auf. Die Römer haben diese bis in die Höhe ihrer Bergstadt vorkommenden eiszeitlichen Geschiebe als Baumaterial verwendet. Wegen ihres zeitweiligen Transportes in eiszeitlichen Flüssen sind sie meist gut gerundet und daher in den Mauern besonders auffällig. Zahlreiche Beispiele davon sind der in den Mauern vorhanden: Die ganze Palette der Granite und Gneise (Abb. 19 und 20), Granat-Glimmerschiefer (Abb. 21), gefaltete feinkörnige Glimmerschiefer (Abb. 22), Quarzite (Abb. 23 bis 25), darunter gekritzte Geschiebe und Eklogit-Amphibolit (Abb. 26 und 27).

Abb. 23:
Eiszeitliches Geschiebe, Meta-Quar-
zit, Herkunft: Östliche Zentralalpen.
Wohn- und Werkstättenviertel
Gebäude NG/41, südexponierte
Mauer, Größe 23 x 10 cm, ca. 90 cm
über Niveau





Abb. 24:

Eiszeitliches Geschiebe, Meta-Quarzit, durch Gletschertransport gekritzelt, (horizontale Striemung). Herkunft: Östliche Zentralalpen. Südhangbauten, Gebäude SH/6, Größe 25 x 20 cm, ca. 40 cm über Niveau



Abb. 25:

Eiszeitliches Geschiebe, dunkler lagiger Meta-Quarzit, mit zwei hervortretenden vertikal verquarzten Klüften. Herkunft: Östliche Zentralalpen. Villa mit Badeanlage (AA-Häuser), ost-exponierte Wand zur Bäckerei, Größe 30 x 15cm, ca. 100 cm über Niveau



Abb. 26:

Eiszeitliches Geschiebe, Metavulkanit, Eklogit-Amphibolit (Granat rötlich, Omphacit (?) und Hornblende grünlich), Herkunft: Östliche Zentralalpen, Hohe Tauern, Größe 51 x 17cm, Westwand Wandmalerei-Museum, ca. 130 cm über Niveau

Abb. 27:

Eiszeitliches Geschiebe, Metavulkanit, straff gebänderter Granat-Amphibolit, Herkunft: Östliche Zentralalpen, Hohe Tauern, Eingang Wandmalerei-Museum, Gebäude OR/38, Größe 18 x 7 cm, 120 cm über Niveau



Abb. 28:

Eiszeitliches Geschiebe, Rhyolith (Quarzporphyr), permisches saures Lavagestein mit Quarz- und Feldspatkristallen, eiszeitlich geschliffen. Herkunft: Gailtaler Alpen. Wohn- und Werkstättenviertel, lange Mauer westlich Haus NG/19, Größe ca. 30 x 17 cm, etwa 170 cm über Niveau



Abb. 29:

Eiszeitliches Geschiebe: Badstubbrekzie. Seltenes oberkarbones Geröll einer vulkanischen Brezie mit metamorphen Komponenten. Herkunft: Badstuben (Berg), ca. 4 km NW Nötsch/Gailtal, Südhangbauten SH/11, Eckstein an der Torbogenwand, Größe ca. 22 x 15 x 26, etwa 95 cm über Niveau





Abb. 30:
Eiszeitliches Geschiebe, Oberkarbon-Sandstein mit Setzungs-Struktur (load cast), Herkunft: Gailtaler Alpen, Karnische Alpen. Händler-Niederlassungen, Nordseite Haus OR/40 (Wohnkeller mit Amphoren).
Größe 33 x 20 cm

Eine andere Gruppe bilden die nicht metamorphen jungpaläozoischen und mesozoischen Sedimentgesteine. Sie sind vor allem mit Kalken, Dolomiten und Sandsteinen vertreten. Dazu gehören auch die permischen rotbraunen Rhyolithe (Quarzporphyre), deren Herkunft wir in den Gailtaler Alpen vermuten (Abb. 28).

Ein ganz besonderes und sehr seltenes eiszeitliches Geschiebe stellt die Badstubbrekzie dar, von der wir drei Exemplare in den Mauern der Südhangbauten und Wohn- und Werkstättenhäusern fanden (SH/11 und NG/41). Hier können wir ausnahmsweise die genaue Herkunft angeben. Der Berg Badstuben (1354 m), in dessen Umgebung diese bemerkenswerte einmalige Brekzie vorkommt, liegt ca. 4 km NW von Nötsch entfernt. Ein Steinbruch im Nötschgraben an der Straße zwischen Nötsch und Bleiberg-Kreuth hat diese Brekzie aufgeschlossen (ANDERLE 1977a). Es handelt sich geologisch um eine oberkarbone (Namurium A), nicht metamorphe Amphibolit-Brekzie mit Quarz und Marmorgeröllen (Abb. 29). Ihre Genese und ihr Alter waren sehr heftig umstritten (VAN AMERON & SCHÖNLAUB 1992, VAN AMERON & KABON 1999).

Ein anderes eiszeitliches Geschiebe eines oberkarbonen Sandsteins (Abb. 30) zeigt Setzungsstrukturen mit einer Ton-Einfaltung (load cast). Permotriadische rote Sandsteine fallen meist durch ihre Farbe und guten Rundungsgrad auf. Ein Exemplar zeigt sehr schön helle Quarz- und rote Tongerölle des Oberrotliegenden (Abb. 31).

Abb. 31:

Eiszeitliches Geschiebe. Geröllführender Permoskyth-Sandstein mit roten Tongeröllen. Herkunft: Gailtaler Alpen, Villacher Alpe, Karnische Alpen. Wohn- und Werkstättenviertel, Gebäude SH/11 (innerer Torbogen), Größe ca: 36 x 10 cm, etwa 140 cm über Niveau



Abb. 32:

Eiszeitliches Geschiebe: Trias-Dolomit, deutlich geklüftet. Herkunft Gailtaler Alpen, Drauzug, Nord-Karawanken. Wohn- und Werkstättenviertel, Gebäude SH/13, Größe 27 x 13 cm, ca. 95 cm über Niveau



Abb. 33:

Eiszeitliches Geschiebe. Brekziöser Trias-Dolomit. Herkunft Gailtaler Alpen, Drauzug, Nord-Karawanken, Wand östlich des Eisenmuseums, Größe 20 x 13 cm, ca. 170 cm über Niveau





Abb. 34:
Eiszeitliches Geschiebe: Mergeliger Trias-Kalk (Karnium?). Herkunft: Gailtaler Alpen, Drauzug, Nordkarawanken. Wohn- und Werkstättenbezirk, Gebäude NG/19, Größe 23 x 10 cm, ca. 50 cm über Niveau

Kalke und Dolomite der Trias sind häufiger zu finden. Die spröder auf tektonische Einwirkungen reagierenden Dolomite zeigen häufig gut ausgebildete Klüfte (Abb. 32 und 33). Ein Kalk, der vermutlich zu der Gruppe der dunklen Raibler Schichten (Karnium) gehört (Abb. 34), erscheint dagegen weniger beansprucht. Ein gelblicher Sandstein mit kalkigem Bindemittel an der Türleibung zum *secretarium* zeigt lagenweise kleine Quarzgerölle (Abb. 35). Dieses Stück wurde vermutlich auch aus dem Krappfeld verschleppt, ähnliche Gesteinstypen gibt es nördlich Silberegge. Es handelt sich damit nicht um ein eiszeitliches Geschiebe.

Die quartären Geschiebe machen insgesamt etwa 2 bis 3 % der Bausteine aus. Als Zuschlag für den Mörtel sind außerdem Sand- und Kiesvorkommen verwendet worden, wie sie z. B. in einer kiesigen Moräne westlich Oberpfandler am Magdalensberg vorhanden sind.



Abb. 35:
Verschleppter Oberkreide-Sandstein mit kalkigem Bindemittel, Herkunft Krappfeld (?). Westwand Praetorium, neben dem Eingang zum Secretarium (Raum K) Größe 40 x 17 cm, etwa 70 cm über oberem Podiumniveau



Abb. 36:
Ostwand des Praetoriums mit verblendetem Torbogen aus Kalksintersteinen

Ermittlung des Volumens des Steinmauerwerkes auf dem Ausgrabungsgelände am Magdalensberg

Herrn Dipl.-Ing. Magister Klemens Einspieler, Salzburg, vormals TU Graz, verdanken wir umfangreiche Berechnungen über das Ausmaß des Bauvolumens im Bereich des Ausgrabungsgeländes auf dem Magdalensberg. Beispiele für einige der untersuchten Mauerbereiche von Praetorium, Tempel, Doppeltor und Heizungsöffnungen (*hypocaustum*) von AA-Häusern sind in den Abbildungen 36 bis 48 wiedergegeben. Bei einigen Mauerteilen ist die rote Ziegeltrennschicht erkennbar, die originale Wände von nachträglich durch die Ausgrabungstätigkeiten errichteten Mauern unterscheidbar macht (Abb. 39, 40 und 44). Noch nicht restaurierte, gerade ausgegrabene Mauern (AA-Häuser unterhalb der Straße, Zustand 1992), bei denen der Mörtel ausgewittert ist, sind nicht standfest und müssen rasch wieder vermörtelt werden (Abb. 41 und 42). Besondere Bauten sind gemauerte Pfeiler (Abb. 44), verschiedenartige Torbögen, die teilweise aus Kalksintersteinen erbaut wurden (Abb. 45 bis 48) und Heizkesselanlagen (Abb. 49).

Bei der Ermittlung der vorhandenen Mauerhöhen stößt man immer wieder auf die Schwierigkeit der nicht eindeutigen Abgrenzung zwischen originalem und erneuertem Mauerwerk, da in vielen Mauern die abgrenzenden roten Ziegelbruchstücke nicht immer eingemauert wurden. Auch ist die Abschätzung der Mauererstreckung in die Tiefe unter das sichtbare Bodenniveau nur grob abschätzbar. Die Längen- und Breiten-Abmessungen der Mauern wurden dem Gesamtplan der Ausgrabungen im Maßstab 1:100



(PICCOTTINI 1989a) entnommen. Die „Ist-Höhe“ wurde durch den über die Mauerlänge gemittelten Wert der original erhaltenen Mauer bestimmt, während die „Soll-Höhe“ mittlere Mauerhöhe darstellt, die nach dem idealen Rekonstruktionsmodell abgeschätzt wurde. Das „Ist-Volumen“ gibt das original erhaltene Mauerwerk an, das „Soll-

Abb. 37:
Nordwand des Praetoriums mit
Öffnungen für Hangentwässerung
und schräge Aussparung für hölzerne
Dachkonstruktion



Abb. 38: Westwand des Praetoriums mit Podium und Eingang zum Secretarium (Raum K) des Repräsentationsgebäudes. Im Vordergrund sind quadratische Säulenbasen im Innenhof (Atrium) angedeutet.

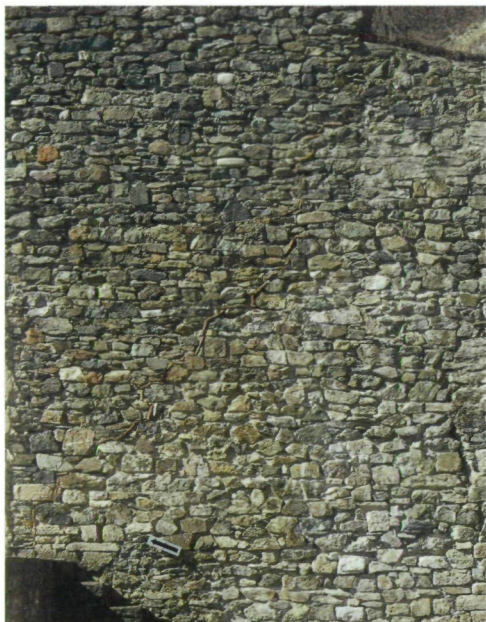


Abb. 39:
Nördliche Westwand des Praetoriums mit roter Scherbenlage, die Grenze zwischen den Originalmauern und den neu errichteten Mauerbereichen anzeigend. Unten links die Marmortreppe, die über das Podium zum Secretarium führt.

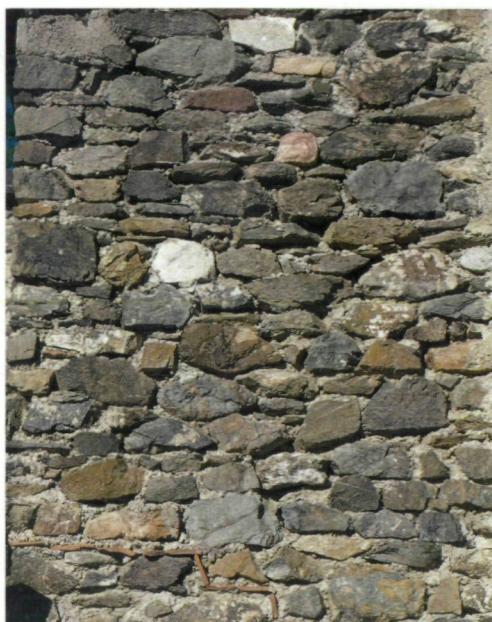


Abb. 40:
Bunte Vielfalt von Mauersteinen in der südlichen Westwand des Praetoriums (Aufgang zum Podium und RP-Gebäudes), mit Trennziegellage (links unten).



Abb. 41: Noch nicht restaurierte Originalmauer im Gebäude AA/36 (Zustand Sommer 1992), Terrassenhäuser südlich der Straße, östlicher Bereich der Villa mit Badeanlage.



Abb. 42: Frisch ausgegrabene Originalmauern vor der Restaurierung, AA-Terrassenhäuser östlich des Bades, südlich der antiken (und gleichzeitig heutigen) Straße, Gebäude AA/36, südlicher Teil. Fundort der Fehlbrand-Kalke im Mauerwerk



Abb. 43: Unvollendet gebliebene Tempelruine mit sehr massivem Grundmauerwerk. Aufnahme 1975 mit alten Baracken der Grabungsleitung

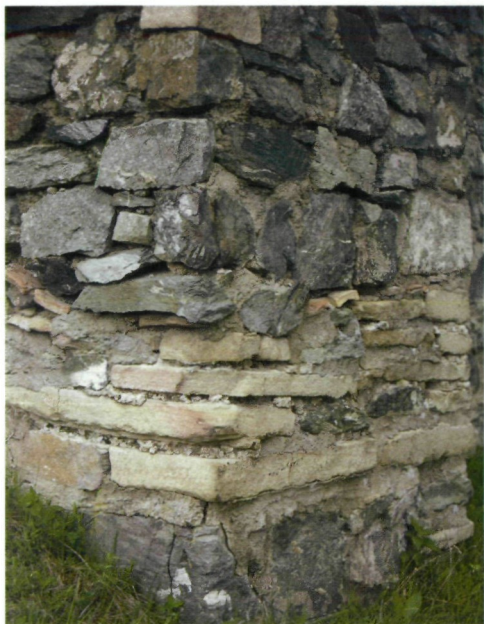


Abb. 44: Nordpfeiler des Doppeltors (Ostrand der Ausgrabungen), unterer Bereich mit dünnen gelblichen Marmorplatten aufgebaut. Rötliche Überzüge zeigen Reste eines Brandes. Ziegeltrennlinie über den Marmorplatten



Abb. 45: Verblendeter Torbogen, Ostwand des Prätoriums (ehemaliger Durchgang zum Tempelbereich?), Bogen aus 21 bearbeiteten trapezoiden Kalksinter-Steinen ausgeführt. Herkunft: Peratschitz bei Kühnsdorf, Bez. Völkermarkt



Abb. 46: Torbogen in der nördlichen Westwand des Praetoriums, vollständig aus sorgfältig geschnittenen Kalksinter-Steinen (davon 21 Bogensteinen) aufgebaut. Davor rechts unten im Bild eine gemauerte Zisterne



Abb. 47: Torbogen in den Südhangbauten, restauriert, Gebäude SH/14, Torbogen nur aus Vulkaniten der Magdalensberg-Folge aufgebaut. Rechts unten Reste vom Originalverputz, Ziegeltrennlage rechts oben am Torbogen



Abb. 48: Bogenförmiger Durchlass für die Warmluftheizung im Badbereich (Schwitzbad). Ausführung der Bogensteine aus anstehenden Vulkaniten des Magdalensberges



Abb. 49: Heiz- und Kesselanlage (praefurnium) für die Warmluftheizung (hypocaustum) des dahinter liegenden Warmbaderaums mit der großen Badewanne (Abb. 95). Villa mit Badeanlage, Gebäude AA/8

Volumen“ stellt die ideale Annahme des in der Antike errichteten Mauerwerks dar. Die rekonstruierten Soll-Höhen des Mauerwerks sind nur als grobe Annahmen zu interpretieren, die einen ungefähren Vergleich des Bestandes mit der ursprünglichen Situation ermöglichen sollen. Die Abschätzungen beziehen sich auf 384 untersuchte Mauerstücke der frühaugusteischen bis tiberischen (27 v. bis 37 n. Chr.) Bauphasen (I bis III) während der Blütezeit der Stadt.

	Istbestand	Sollbestand
Bad und Terrassenhäuser	509,14 m ³	1.235,3 m ³
Repräsentationshaus	304,86 m ³	742,0 m ³
Raum K	220,75 m ³	312,3 m ³
Prätorium	563,18 m ³	927,9 m ³
Tempel	1.856,38 m ³	2.536,0 m ³
Händlerforum	533,14 m ³	960,2 m ³
Wohn- und Werkstättenviertel	380,37 m ³	1.136,0 m ³
Südhangbauten	656,69 m ³	1.201,1 m ³
Osthang	100,26 m ³	321,2 m ³
Neugrabung 1993/94	265,15 m ³	555,6 m ³
Westrand	179,50 m ³	332,8 m ³
Gesamt	5.660,57 m ³	10.260,4 m ³

Das Ergebnis zeigt eine Verdoppelung der Soll-Werte gegenüber den Ist-Werten.

Da wir für eine Wandfläche eines Quadratmeters durchschnittlich rund 50 Mauersteine ermittelt haben, kann man bei den hier üblichen zweischaligen Mauerwerken eine

Gesamtzahl von rund 500.000 Mauersteinen im Bereich der 384 untersuchten Mauerstücke berechnen. Eine Hochrechnung auf den Sollbestand von rund 10.000 m² (ohne Berücksichtigung der Steine in der Füllung) ergibt die stattliche Summe von über einer Million Mauersteine, die in einem Zeitraum von ca. 90 Jahren verbaut wurden.

Eigene Untersuchungen an den Mauern

Von den Münsteraner Diplomanden wurden in den Jahren 1994 bis 1996 abschnittsweise die Mauersteine, soweit möglich getrennt im originalen Mauerverband und in restaurierten Mauern, identifiziert, petrographisch bestimmt und, soweit dies ohne Beschädigung der Bausteine möglich war, katalogisiert und gezählt. Dabei wurden Bausteine folgender Bereiche bestimmt:

	Zahl der Bausteine	untersuchte Gebäudeteile
DIERKES 1996	< 8 000	SH 10, 11, 13, 14, 15., OH 1, 3, 4, 5
GÖBEL 1995	11 840	Praetorium, Tempel, Treppe zwischen beiden, Teile des RP-Gebäudes
LENZE 1996	11 619	SH 1 bis SH 4, 4 A, SH 5 bis 8, SH 9 A, B, C, D
WEINERT 1996	10 822	Häuser I bis IX westlich des RP-Gebäudes
WERNER 1995	3 980	OR 13, 14, 16, 17, 19, 21, 22, 28, 34, 35, 38., NG 25
WIESE 1995	875	NG 9 bis 28, Bereich des Pfeilerportikus

ZIERENBERG & ASCHWER (1997) haben zusätzlich 560 Kalksinter-Bausteine im Ausgrabungsgelände untersucht

BEUNINK (1996) hat Isotopen-Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Marmorbauteilen vorgenommen

EINSPIELER hat 1994 eine Gesamterhebung über die Marmor-Bausteine im Ausgrabungsgelände vorgelegt

Insgesamt wurden über 47.000 Mauersteine am Magdalensberg untersucht (THIEDIG 1998). Nach unseren Untersuchungen bestehen etwa zu 95 % des Gesteinsmaterials der Gebäudemauern aus den vulkanischen paläozoischen Gesteinen der unmittelbaren und näheren Umgebung der Bergstadt. Als Fremdgesteine treten mengenmäßig an erster Stelle die Marmore, an zweiter Stelle Kalksinter und fast gleichrangig an dritter Stelle eiszeitliche allochthone Geschiebe auf. Letztere sind vom Draugletscher bis auf die Höhe der Ansiedlung auf dem Magdalensberg (Gletscherschrammen bis zur Höhe von 920 m ü. NN beobachtet, GÖBEL 1996) transportiert worden. Weitere Fremdgesteine sind seltene Einzelfunde, auf die in einem besonderen Kapitel näher eingegangen wird.

Auswertung der geologischen Kartierungen und Bausteinauszählungen

Die geologischen Neukartierungen (Maßstäbe 1:10.000 und 1:5.000) im Bereich des Magdalensberges umfassen den Bereich von St. Donat/Hochosterwitz – Labongraben/Steinbruchkogel – Ottmanach (GÖBEL 1996, WIESE 1996, WERNER 1996, LENZE 1996, WEINERT 1996, DIERKES 1996, KETTRUP 1998). Detailkartierungen wurden vor allem im Gipfelbereich des Magdalensberges im Süden etwa oberhalb 800 m NN, im Norden bis zur Straße Hochosterwitz–St. Donat bis ca. 550 m NN durchgeführt. In diesem engeren Gipfelbereich dominieren sehr verschieden ausgebildete pyroklastische Gesteine vor allem Meta-Staub-, Aschen-, Lapilli- und Brockentuffe meist grünlicher oder bräunlicher, selten violetter Färbung. Darin eingelagert sind kleine Meta-Basalt (Meta-Diabas) Körper, teils mit Pillowlaven-Struktur wie am Zechnerkogel (977 m), wobei bei zwei Vorkommen unklar ist, ob es sich auch um deformierte Konglomeratlagen handeln könnte, sowie sehr vereinzelt winzige Karbonatlinsen oder karbonatische Partien in den Metatuffen, die leider keine Fossilien erbracht haben. An mehreren Stellen innerhalb der vulkanoklastischen Abfolge sind Tonschiefer aufgeschlossen. Innerhalb des Ausgrabungsgeländes und Freilichtmuseums ist beim sog. Felsenheiligtum oberhalb des Tempels ein kleiner Aufschluss mit einem Meta-Basalt (Sillkörper) erkannt worden, der von grünen Meta-Staubtuffen bis Tuffitten und Meta-Lapillituffen mit einer kleinen Karbonatlinse überlagert wird WEINERT (1996). Weiter südöstlich nahe dem östlichen Doppeltor sind im Gebäudekomplex NG/44 anstehende gefaltete Tonschiefer aufgeschlossen. Diese beiden Situationen entsprechen auch weitgehend dem natürlichen Angebot an lokalem Baumaterial im Gebiet der bisher ausgegrabenen Stadt am Magdalensberg. Es fällt auf, dass im Gebiet des Forums und der Handwerkerniederlassung, ebenso wie für den Bereich des Praetoriums, der benachbarten H/I bis H/IX Häuser und des Repräsentationshauses (RP-Haus) die festeren Metabasalte (einschließlich Pillowlaven) mit 17 % bis 45 % der Bausteine überwiegen, während in den Südhang-Bauten Meta-Lapillituffe und körnige Tuffe überwiegen. Vermutlich lag dies daran, dass für die bedeutenderen Bauten aus abgelegeneren kleineren Steinbrüchen (z. B. Nordseite des Gipfels) besseres, festeres Material geholt wurde, oder dass im Bereich des heutigen Tempels ein Metabasalt-Vorkommen existiert hat, das gänzlich abgebaut wurde.

Auch einige Wände der Gebäude NG/11, NG/14, NG/28 sowie der Pfeilerporticus bestehen überwiegend aus Meta-Basalt (WIESE 1996), der heute nicht mehr in diesem Umfang im Bereich des Ausgrabungsgeländes ansteht. Das Material könnte, wie schon gesagt, aus einem heute nicht mehr vorhandenen Metadiabas-Körper stammen, dessen

Reste neben dem Felsenheiligtum noch sichtbar sind. Allerdings trifft dies nur für die originalen Mauern zu. Es hat sich herausgestellt, dass sich bei fast allen Mauern die originalen, alten Mauern z. T. wesentlich von den restaurierten, neu aufgerichteten Mauern in ihrer Zusammensetzung der Mauersteine unterscheiden. Das würde bedeuten, dass die Mauersteine nach der Ausgrabung bei ihrer Zwischenlagerung auf Depots mit anderen vermischt wurden, die von jüngeren, anderen Mauern mit einer anderen Zusammensetzung stammen.

Wie stark sich die Gesteinstypen von an Ort und Stelle abgegraben oder in anderen entfernteren Steinbrüchen geborgenes Material unterscheiden, hat WIESE (1996) besonders gut an dem oberen Wohn- und Werkstättenviertel untersucht, in dem überwiegend Gebäude aus der III. Bauperiode in spätaugusteischer-frühüberischer Zeit stammen. Hier verläuft eine tektonische Störung (GÖBEL 1996), die in südwestlicher-nordöstlicher Richtung fast diagonal durch die Gebäude NG/34, NG/32 (Südostecke), NG/45, NG/41 schneidet, weiter durch die Häuser NG/38 und NG/37 verläuft, um dann nach Norden abzubiegen. Nordwestlich der Störung befindet sich ein Meta-Basalt-Körper, während südöstlich der Störung der geologische Untergrund aus Tonschiefern besteht. So ist es kein Wunder, dass die alten Mauern der Gebäude NG/21, NG/22, NG/14, NG/11 bis zu fast 100 % aus Meta-Basalten bestehen. Die neuen Mauern bestehen nur noch zu 25 bis 80 % aus Meta-Basalt. Die rückwärtige Mauer des Gebäudes NG14 besteht sogar zu 25 % aus anstehendem rötlich angewittertem Meta-Basalt. Hier hat der an Ort und Stelle „gewachsene“ Fels gleichzeitig als Steinbruch, als planiertes Grundstück und als Baumaterial für das an dieser Stelle errichtete Gebäude gedient.

Die Seitenwände der drei Gebäude NG/11, NG/14, NG/28 bestehen auch zu fast 100 % aus dem Material des anstehenden Felsens. Bei den restaurierten Mauern liegt der Metadiabas-Anteil zwischen 53 % und 82 %. Dagegen hat die restaurierte Rückwand des Gebäudes NG/11 nur einen Metadiabas-Anteil von 13,5 %. In dem Häuserkomplex NG/44–NG/36 nahe dem östlichen Doppeltor besteht die südöstliche Wand aus anstehenden rostigbraun verwitternden Tonschiefern, die in den entsprechenden Hauswänden verarbeitet wurden.

Zusammenfassend hat WIESE (1996) für die Mauern der Gebäude NG/9 bis NG/-28 und dem Pfeilerporticus-Haus die Größenklassen der Bausteine untersucht. Sie hat die Mauersteine in vier Größenklassen eingeteilt. Die variablen Abmessungen der sichtbaren Außenfläche eines Mauersteines besitzen in diesem Bereich einen mittleren Wert zwischen 140 cm² und 200 cm² und gehören damit zur Größenklasse „klein“. Die Verteilung der unterschiedlichen Größenklassen für einzelne Gesteinstypen zeigt, dass die eiszeitlichen Geschiebe (Gneise und Meta-Quarzite),

die Grünen Meta-Staub- bis Aschentuffe, die Meta-Brockentuffe größere, einzelne Marmorblöcke und vor allem die leicht zu bearbeitenden Kalksinter die größten Bausteine liefern.

Den Bereich des Tempels, Praetoriums und den Treppenbereich östlich des Repräsentationshauses hat GÖBEL (1996) bearbeitet. Von 11.840 ausgezählten Bausteinen konnten 29,5 % nicht zugeordnet werden, weil sie an der Oberfläche durch Mörtel- und Verputzreste, Überzüge von Brandrückständen und anderen Verschmutzungen nicht identifizierbar waren. Etwa 21,8% des Baumaterials sind feste Meta-Basalte, 1,7 Pillowlaven, 21,7 % eisenschüssiger rostigbraun verwitternder Tuff/Tuffit, 9,8 % Meta-

Abb. 50:
Beispiel einer Bausteinzählung der
Südhanghäuser SH/4 bis SH/6 (aus
LENZE 1996)

Tab.5: Ergebnisse der Bausteinzählung SH/4 bis SH/6

	Gebäude Nr: Wand: Innen- Außenwand alte/neue Substanz	SH/4A * Nord innen	Ost innen	SH/5 Nord innen alt
Anzahl der Gesteine				
Gesteinsgruppe				
Magdalensbergserie				
nicht zuzuordnende Gesteine		37	17	77
grüner Meta-Staubtuff/-tuffit		41	12	7
violetter Meta-Staubtuff/-tuffit		9	2	3
Meta-Aschentuff/-tuffit		93	13	6
Meta-Lapillituff/-tuffit		177	34	9
Meta-Brockentuff/-tuffit		185	39	4
braunverwitternder Meta-Tuff/Tuffit		17	12	5
Meta-Chloritflatschentuff/-tuffit				
Meta-Diabas		4	1	
Pillowlava		11		
Kalke / Lydite				
Summe:		574	130	111
Permoskyth				
Tonstein / Schieferton		1		
Sandstein				
Konglomerat				
Summe:		1	0	0
Geschiebe:				
nicht zuzuordnende Gesteine		4	1	5
Metamorphit		1	1	
Quarzit		5		
Marmor		3		
Glimmerschiefer				
Eklogit				
Gneis		4		
Granulit		2		
Sandstein				
Kalkstein		3		
Tonstein				
Konglomerat				
Brekzie				
Summe:		22	2	0
Marmore (bearbeitet)		2		
Travertin (bearbeitet)				
Summe Wand:		599	132	111
Summe Gebäude:			731	

*: keine Differenzierung zwischen alter und neuer Bausubstanz möglich

*: keine Differenzierung zwischen alter und neuer Bausubstanz möglich

Lapillituffe/Tuffite, 8,3 % Grüne Meta-Staub- und Aschen-Tuffe/ Tuffite, 1,8 % Meta-Brockentuffe. Marmorstücke kamen zu 1,1 %, Kalksinter (auch als Kalktuff oder „Travertin“ bezeichnet) mit 1,9 % vor. Glazigene Geschiebe erreichen insgesamt 1 % Anteil.

Die Mauern der Südhangbauten SH/10 und SH/11 sowie alle Osthangbauten wurden von DIERKES (1996) untersucht. Er stellte bei den Gebäuden SH/10 bis SH/15 einen geringeren Unterschied der Zusammensetzung der Mauersteine zwischen den originalen und restaurierten Mauern fest. Das liegt in erster Linie an dem geringen Anteil an Meta-Basalten schon in den Originalmauern. Bei den Osthangbauten war eine Unterscheidung wegen feh-

fest nen t	innen neu	Ost				SH/6 Nord		Süd		West		innen neu	außen neu
		innen alt	außen alt	innen neu	außen neu	innen alt	neu	innen alt	neu	innen alt	außen alt		
101	5	43	30	21	8	85	17	17	27	53	6	14	5
8	17	16	9	22	20	34	23	36	30	19	9	27	15
4	10	11	4	12	11	6	5	5	13	12	3	11	9
8	36	39	19	32	40	56	53	20	58	26	23	42	26
9	6	18	24	22	52	35	53	12	23	11	24	25	52
5	16	13	9	23	28	56	51	11	21	12	14	17	18
4	19	11	6	26	14	27	18		15	9	6	16	21
2	6	1		4			3	2	3	4		2	2
	5	1		7	4	1	2		3	2		8	1
	2	1	3	9	18	2	5		6	1		4	6
									1				
141	122	154	104	178	195	302	230	103	200	149	85	166	155
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1				1			3		1				1
				3	2	2				1	1		1
	1						1		1				1
								1		1	1		
1	1	0	0	4	2	2	5	0	3	2	1	0	4
142	123	154	104	182	197	304	235	103	203	151	86	166	159
1368						1407							

lender roter Tonscherbenlagen nicht möglich. Er hat mehr als 8.000 Bausteine gezählt und fand einen Anteil von 82 % Magdalensberg-Material, 16 % nicht bestimmbarer Steine, und nur 2 % fremden Materials. Da die nicht bestimmbarsten Bausteine vermutlich ein ähnliches Verhältnis an Fremdgesteinen aufweisen, kann man davon ausgehen, dass der Anteil an lokalem Baumaterial auch weit über 90 % liegt. Bei den eiszeitlichen Geschieben konnte er eine detaillierte Aufstellung vorlegen. Hier dominieren Metamorphite, wie Gneise, Glimmerschiefer und Quarzite vor geringen Anteilen von Sedimentgesteinen.

WEINERT (1996) hat die Mauern der Gebäude H/I bis IX westlich des Lapidariums und RP-Hauses untersucht. Obwohl der Gesteinsuntergrund aus grünen Tuffen/Tuffiten besteht, wurden bei den originalen Mauern vor allem Metadiabase und die braun verwitternden Tuffe/Tuffite für den Bau dieser Häuser verwendet. WEINERT (1996) fiel auf, dass die originalen Mauern der Häuser H/I und H/IV kaum Fremdgesteine aufweisen. Im Unterschied zu den restaurierten Mauern weisen die alten Mauern einen größeren Anteil von den festeren Meta-Basalten auf. Beim Haus H/III fällt auf, dass die Originalmauern zu 64,3 % aus den braun verwitternden Metatuffen/Tuffiten bestehen.

Von den insgesamt 10.822 untersuchten Steinen konnten 77,44 % (das sind 8.249 Stück) dem lokalen Material des Magdalensberges zugeordnet werden. 23,78 %, das sind 2.573 Steine, konnten nicht identifiziert werden. Da in der Gesamtsumme nur 1,58 % (171 Stück) eiszeitlicher Geschiebe und 0,58 % (63 Stück) Fremdgesteine enthalten sind, kann man davon ausgehen, dass die in der II. Bauphase zuerst errichteten Mauern für die am steilen Hang befindlichen Häuser zu mehr als 97 % aus dem anstehenden Material hergestellt wurden. Die identifizierten Mauersteine setzen sich zu 50,33 % aus den verschiedenen Metatuffen/Tuffiten (davon 22,78 % braun verwitternde Tuffe) und zu 47,35 % aus Meta-Basalten zusammen, wobei die Letzteren entweder aus einem an der heutigen Stelle der Häuser (hinter dem RP-Haus) nicht mehr erkennbaren, vollständig abgetragenen Gesteinskörper stammen oder z. B. von einem der an der Nordseite des Gipfels befindlichen alten Steinbrüche heran transportiert wurden.

Den Bereich des Forums und der Händlerniederlassungen und einiger Häuser des Wohn- und Werkstättenviertels (OR/13, 16, 17, 19, 21, 22, 28, 34, 38, NG/25) hat WERNER (1996) näher untersucht. Die Gebäude entstammen überwiegend den augusteischen bis frühkaiserlichen Bauphasen. Die zusammenfassende Statistik der 3.980 untersuchten Steine dieses Bereiches zeigt, dass auch hier die Mauern zu weit über 90 % aus lokal vorhandenem Material errichtet wurden. 11,65 % waren nicht bestimmbar, wobei der Anteil bei den alten Mauern höher ist, als bei den restaurierten Teilen, die ja vorher aussortiert und gesäubert wor-

den waren. Die Beteiligung an Meta-Basalten liegt bei 17,34 %, während die Summe aller Metatuffe/Tuffite ca. 65 % ausmachen. Bei den identifizierten Gesteinen ist die Magdalensberg-Folge mit ca. 82,75 % beteiligt. Da der Anteil der fremden Gesteine bei den identifizierten bei etwa 4 % liegt, dürfte der Anteil der vulkanisch geprägten Gesteine der Magdalensberg-Folge, einschließlich des Hauptteils der nicht bestimmaren Steine, auf etwa 95 % anzusetzen sein. Die Fremdgesteine setzen sich zu 1,84 % aus Gneisen/Graniten, 0,84 % Amphiboliten/Eklogiten, 0,22 % aus Glimmerschiefern sowie 0,64 % Sandsteinen, 0,44 % Kalksintern und 0,51 % Kalken zusammen. Marmorsteine machen 0,69 % aus und dürften hauptsächlich Bruchstücke von bearbeitetem Marmormaterial (Spolien) sein. Auch hier enthalten die alten Mauern prozentual mehr Meta-Basalt-Gesteine als die restaurierten Teile.

Die Wohn- und Werkstattgebäude SH/1-9, die im wesentlichen spätaugusteisch bis frühüberisch errichtet wurden, zeigen am Südhang architektonische Unregelmäßigkeiten durch Doppelmauern, die zur Stützung der offensichtlich rutschungs- oder einsturzgefährdeten Häuser angebracht wurden (LENZE 1996). Von 11.619 untersuchten Mauersteinen gehören 80 % der Gesteine zu den lokalen Gesteinen der Magdalensberg-Folge, nicht bestimmbar waren 16,9 %. Der Anteil des örtlich anstehenden Materials beträgt hochgerechnet schätzungsweise 95 %. Der Anteil von Fremdgesteinen beträgt etwa 5 %, wobei die eiszeitlich angelieferten Gerölle etwa 4 % ausmachen, Marmore und Kalktuffe weniger als 1 %. Diese Unterrepräsentanz ist auffällig gegenüber den öffentlichen Gebäuden, wie Praetorium, RP-Haus und Tempel, wo der Anteil an Marmorsteinen und Kalktuff über 3 % der Mauersteine ausmacht. Als Beispiel für eine Bausteinanzählung soll eine Tabelle von den SH/4 bis SH/6-Häusern (LENZE 1996) angeführt werden (Abb. 50).

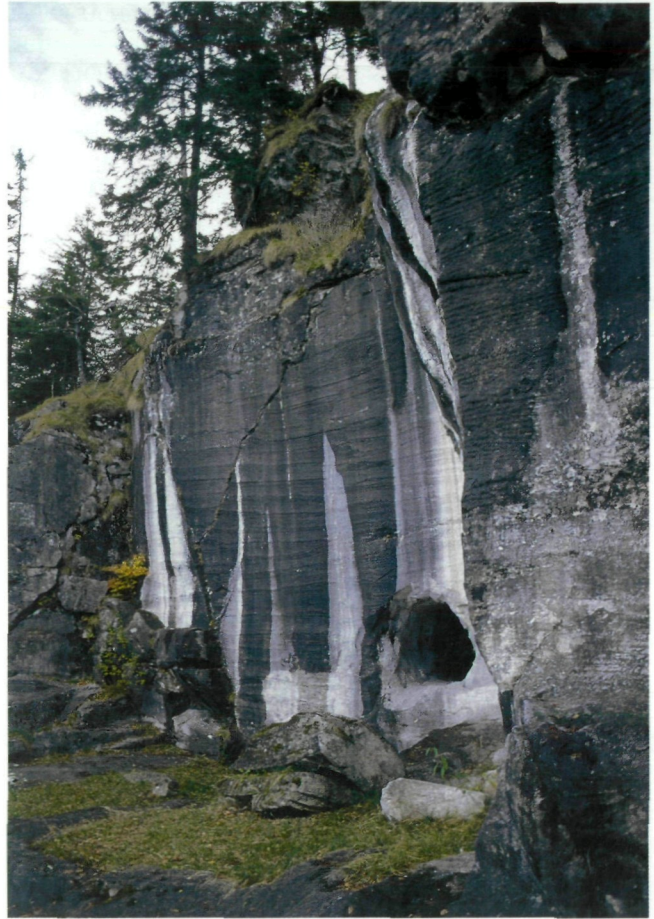
ORTSFREMDES BAUMATERIAL

Besonders interessant ist ortsfremdes Baumaterial. Hier sind vor allem zwei Gesteinsgruppen zu nennen: Marmore und Kalksinter (manchmal auch Travertin, Kalktuff oder Tuffstein genannt), sowie einzelne verschleppte Bruchsteine.

Marmore

Der zunehmende Wohlstand in der Provinz Noricum führte bald zu steigendem Bedarf an Marmorblöcken für die Fassaden an den öffentlichen Gebäuden der Stadt und besonders für Gedenksteine und Grabstelen und damit zur Anlage verschiedener Marmorbrüche im heutigen Kärntner Raum.

Abb. 51:
Alter römischer Marmorsteinbruch
Spitzelofen in der Gemeinde
St. Georgen im Lavanttal (am Stein),
Westhang der Koralpe. Denkmal-
geschützter, best erhaltener
römischer Steinbruch in Kärnten.
Römische Inschrift (Abb. 52) in 12 m
Höhe über der Steinbruchsohle
(links oberhalb des Stollenloches,
um 1890), grobkörnig, Mittelostalpine
Kristallindecke der Kor- und Saualpe



Römische Marmor-Steinbrüche in Kärnten

Die Erforschung der römischen Steinbrüche setzte zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit der Suche nach römischen Inschriften ein. Der aus St. Blasien im Schwarzwald stammende damalige Archivar des Benediktinerstiftes St. Paul und Präfekt des k. k. Gymnasiums in St. Paul im Lavanttal, Pater Ambros EICHORN (1819), beschreibt als erster die römische Inschrift im Marmorsteinbruch am Spitzelofen (Koralpe) in der Gemeinde St. Georgen am Stein im Lavanttal. Er hielt den Steinbruch wegen der Erwähnung des Wald- und Steinbruchgottes.. „S (ILVANVS [?]) SAXANVS“ (Abb. 51, 52) für einen Tempel, was dazu führte, dass man ähnliche römische Steinbrüche bei Treffen später ebenfalls als „Heidentempel“ bezeichnete.

In der Folge haben sich MUCHAR (1826), ANKERSHOFEN (1851) und JABORNEGG-ALTENFELS (1856) um die Deutung der Steinbruch-Inschriften bemüht. Der Besitzer des Steinbruchs Spitzelofen, SCHÜTTE (1923), gab eine ausführliche Beschreibung des Marmorbruchs vom Spitzelofen, die von

JAKSCH (1923) kritisiert wurde. JANTSCH (1929) untersuchte die römischen Marmorsteinbrüche mit archäologischen Ausgrabungen bei Gummern, am Spitzelofen (JANTSCH 1931) und von Tentschach (JANTSCH 1937). Eine archäologische Zusammenstellung über die römischen Steinbrüche liegt durch FEINIG (2001) vor.

Als erster hat EGENTER (1909) die Geologie der Marmorlagerstätten in Kärnten untersucht; ausführlicher hat KIESLINGER (1956) in seinem Buch über „Die nutzbaren Gesteine Kärntens“ auch die Geologie der römischen Steinbrüche beschrieben. Zuletzt haben MÜLLER & SCHWAIGHOFER (1999) die Kärntner Marmorsteinbrüche mit modernen Methoden untersucht.

Daher können wir uns hier auf kürzere Beschreibungen und geologische Einstufungen beschränken. Auf der Basis unserer Forschungen in den Gurktaler Alpen, der Sau- und Koralpe sowie des Klagenfurter Beckens können wir die unterschiedlichen Marmore drei tektonischen Einheiten zuordnen:

1. einer untersten stärker metamorphen tektonischen Einheit mit Granat-Glimmerschiefern, Schiefergneisen und Pegmatiten des Mittelostalpins (Gummern, Krastal, Treffen, Spitzelofen)
2. einer schwächer metamorphen und tektonisch höher positionierten Deckeneinheit mit Granat-Glimmerschiefern des Mittelostalpins (Pörschacher Marmore von Töschling, Sekull, Pavor, Tentschach)
3. der schwach metamorphen Phyllitgruppe der Gurktaler Decke des Oberostalpins in höchster tektonischer Position (Tiffen, Kraig und Steinbrücken)

Der größte und bedeutendste antike Marmorsteinbruch Kärntens lag in Gummern bei Villach dicht am Ufer der Drau (Abb. 53). Es gilt als sicher, dass bereits bearbeitete



Abb. 52:

Römische Inschrift in der Spitzelofen-Felswand des Marmorbruchs in ca. 9 m Höhe über dem Stollenmundloch (vergl. Abb. 51).

S SAXANO AVG SAC ADIVTOR ET SECVDINVS (vierzeilig).

Dem Gott der Steinbrüche *saxanus* (der „Felsige“) geweihte Inschrift



Abb. 53:
Moderner Marmor-Steinbruch Gum-
mern, Drautal, Blick von Westen,
moderner Abbau des weißen grob-
kristallinen Marmors auf zahlreichen
Abbauterrassen. Ehemalige Römer-
brüche lagen rechts unten vor dem
heutigen Hauptbruch (2002) mit
OMYA-Werk, grobkörniger Marmor,
mittelostalpines Kristallin

Marmorblöcke von Gummern zum Magdalensberg transportiert wurden, wobei vermutet wird, dass sie einen Teil des Weges auf der Drau verschifft wurden. Ob der Transport zu den Kreuzungen mit Römerstraßen dabei bis zur Furt bei Ferlach (Verbindung über den Loiblpass nach *aquileia*) oder bei Tainach (kürzerer Landweg, Verbindung nach *ivenna*) verlief, lässt sich wohl nicht mehr feststellen.

Die grobkörnigen, weißen bis grauen oder auch gelblich-rötlichen Kalk- und Dolomit-Marmore von Gummern (Abb. 53 und 54) gehören zu den kristallinen Decken des Mittelostalpins. Die früher als „Altkristallin“ bezeichneten hoch metamorphen Schiefer sind mit Amphiboliten, Gnei-

Abb. 54:
Unvollständig bearbeiteter Marmor-
block aus dem römischen Steinbruch
von Gummern, heute in der Garten-
anlage östlich des Gebäudes der
Hauptverwaltung Marmorwerke
OMYA in Gummern zu besichtigen





sen und Pegmatiten vergesellschaftet (ANDERLE 1977a), aber in jüngerer, alpidischer Zeit nochmals metamorph überprägt worden. Die alten römischen Steinbrüche in Gummern, darunter ein besonders schöner, in dem schon 1863 erste römische Inschriften entdeckt wurden, später 1908 ein Münzschatz geborgen und 1913 ein Weihealtar für den Steinbruchgott *Saxanus* und Werkzeuge gefunden wurden, sind aber bedauerlicherweise bei der Erweiterung der heutigen Steinbrüche erst vor wenigen Jahren (1994) völlig zerstört worden. Lediglich ein größeres Fragment einer Schrämwand und wenige unfertige Steinmetzblöcke können noch vor dem Hauptgebäude des OMYA-Werkes besichtigt werden.

Bestandteil dieser gleichen Kristallinfolgen sind auch die benachbarten Marmorvorkommen vom Krastal (Abb. 55). Hier wird grobkristalliner weißer z. T. Hell- und Dunkelglimmer führender Marmor abgebaut, der sehr verwitterungsbeständig sein soll und aus dem größere Blöcke für Bildhauerarbeiten gewonnen werden können. Der heutige Abbau in mehreren Terrassen (Abb. 55) findet auf der nördlichen Talseite statt, während die römischen Brüche auf der südlichen Talseite angelegt waren, wie archäologische Funde von Werkzeug belegen (MÜLLER & SCHWAIGHOFER 1999). Die modernen Steinbrüche bei Treffen liegen 1 km südöstlich des Ortes bei Töbring (Abb. 56). Der weisse grobkörnige Marmor ist dem von Gummern und Krastal sehr ähnlich und gehört geologisch auch in die gleiche tektonische Einheit. An dieser Stelle sind keine römischen

Abb. 55:
Marmor-Steinbruch Krastal (Situation 2002), heutige Abbaustufen, Abbau von großen Blöcken für Skulpturen, grobkörnig, mittelost-alpines Kristallin



Abb. 56:
Marmorsteinbruch bei Treffen
 (Töbring, 1 km südöstlich, Situation
 2002). An dieser Stelle sind keine
 römischen Abbaue bekannt,
 grobkörnig, mittelostalpines
 Kristallin

Abbaue bekannt. Diese befinden sich in Pölling, etwa 1 km nördlich Treffen. Sie wurden als sog. Heidentempel bezeichnet (nach EICHORN 1819) und lassen gut erhaltene Schrämmpuren an den Wänden erkennen (FEINIG 2001).

Die Steinbrüche von Sattendorf und Jungfernsprung (am Westende des Ossiacher Sees) sind mit Glimmerschiefern und Granitgneisen vergesellschaftet ANDERLE (1977b), sie gehören ebenfalls in diese untere hoch-metamorphe Decken-Einheit des Mittelostalpins.

Dies gilt auch für den schönsten und am besten erhaltenen römischen Marmor-Steinbruch vom Spitzelofen (Abb. 51) im Kaltwinkelgraben des Westabfalls der Koralpe in der Gemeinde St. Georgen im Lavanttal (am Stein). Um 1889 hat ein Bergknappe die Schurfrechte im zuständigen Bergamt erhalten, um im alten Steinbruch eine Schatzsuche zu betreiben. Dabei hat er ein etwa 2 m x 2 m messendes großes und 4 m tiefes horizontales Loch in die römisch geschrämte Wand direkt unter der römischen Inschrift gesprengt. Proteste des Besitzers stoppten dieses unnütze Unterfangen nach dem Bergrecht und bewahrten den wertvollen Steinbruch durch Unterschutzstellung als historisches Denkmal vor weiterer Zerstörung. Der im Wald ziemlich versteckt liegende Steinbruch in 1040 m ü. NN wurde zuerst von dem Besitzer SCHÜTTE (1923) archäologisch beschrieben. Großes Verdienst gebührt JANTSCH (1931), der den bis 7 m hohen antiken Schutt beseitigte und den noch heute erhaltenen Zustand herstellte. Es konnte aber nicht verhindert werden, dass die jetzt unter Denkmal-

schutz stehenden geschränten Wände vor wenigen Jahren von Jugendlichen besprüht wurden. Die Gemeindeverwaltung von St. Georgen hat mit einem Kulturwanderweg, der bis zum Steinbruch führt, die Öffentlichkeit auf diesen Schatz aufmerksam gemacht und ist gewillt, für die unbeschädigte Erhaltung zu sorgen. Heute wird die vierzeilige Inschrift S SAXANO.AVG SAC.ADIVTOR.ET SECUNDUS als eine vom römischen „Betriebsleiter“ und seinen Steinbrucharbeitern angefertigte Widmung angesehen, die dem Gott der Steinbrüche, *saxanus* (der „Felsige“), geweiht wurde (Abb. 52). Geologisch gehört dieser grobkörnige weiße Marmor zu der Schiefergneis-Folge des Mittelostalpins, die von der ebenfalls Mittelostalpinen Gimmerschiefer-Decke der Plankogel-Folge (bei Hüttenberg/Knappenberg) des Sau- und Koralpen-Kristallins überlagert wird (KLEINSCHMIDT et al. 1989). Der Marmor hat damit eine ähnliche tektonische Stellung wie die Marmore von Gummern, Krastal und Treffen; sie sind alle mit der tektonischen Stellung der vererzten Hüttenberger Marmore vergleichbar.

Die hellen, häufig zart grünlich bis rosa geflammten Marmore vom Typ Pörschach (der Name stammt nur von der Verladestation) mit vielen kleineren Brüchen bei Töschling (Abb. 57), Sekull und Pavor (OEHMEN 1995), gehören zu einer schwächer metamorphen Einheit des Mittelostalpins, vergleichbar mit den höheren Glimmerschiefer-Decken des Mittelostalpins der Saualpe (Kräuping-Gruppe, APPOLD 1989, THIEDIG et al. 1999). Teile von

Abb. 57:
Marmorsteinbruch Töschling bei Pörschach, Autobahn-Ausfahrt Pörschach/West. Gebändert, mittel-feinkörnig, tektonisch überprägt, mittelostalpine Glimmerschiefer-Gruppe



Abb. 58:
Steinbruch Tentschach, ca. 600 m
östlich des Schlosses. Römische
Inschrift im östlichen oberen
Steinbruch (Abb. 50),
als [PEC] VNIA ME [A] gedeutet.
Fein-mittelkörnig, Glimmerschiefer-
Gruppe des Mittelostalpins



ihnen sind als „mylonitisch“ oder „diaphthoritisch“, feinkörniger beschrieben worden, weil sie bei dem alpidischen Deckenbau teilweise intensiver durchbewegt wurden. Sie sind meist mit phyllitischen Glimmerschiefern und Grünschiefer-faziellen Gesteinen vergesellschaftet. Von den Brüchen bei den Weilern Sekull und Pavor werden (vermutlich römerzeitliche) Schräm Spuren berichtet (KIESLINGER 1956).

Der feinkörnige rötlich und grünlich gebänderte, an einer Stelle brekziöse Marmor von Tentschach, etwa 500 m östlich des Schlosses, gehört ebenfalls zu dieser schwächer metamorphen Glimmerschiefer-Abfolge der obersten Mittelostalpinen Decke, die nur 2 km weiter nördlich von den Phylliten der Oberostalpinen Gurktaler Decke (Murauer Teildecke) überlagert wird. An der Deckengrenze zwischen Mittel- und Oberostalpin ist häufig eine tektonisch stark beanspruchte Schuppenzone (MANBY et al. 1987, ARBEITSTAGUNG 1989, APPOLD 1988, 1989) entwickelt, die retro-metamorphe Anteile der Glimmerschiefer-Anteile enthält, die von älteren Autoren als „Diaphthorit- und Mylonitzone“ beschrieben wurden (KIESLINGER 1956, KAHLER 1962). Im oberen sehr verwachsenen Steinbruch sind gut erhaltene Schräm Spuren und eine römische Inschrift erhalten (Abb. 58).

Merkwürdig ist, dass am Westende des Wörthersees das größere Vorkommen eines feinkörnigen Marmor (Mittel-Ostalpin) in einer Begleitung von feinkörnigen, z. T. Granat führenden Glimmerschiefern in der unmittelbaren Nähe der wichtigen Römerstraße mit der sogar in der *Tabula Peutingeriana* verzeichneten römischen Station nahe dem Sternberg (*Tasinemetum*) nicht genutzt wurde.

Die dem Magdalensberg am nächsten, nur ca. 10 km Luftlinie entfernt, gelegenen Marmorbrüche sind die sog. Kraiger-Steinbrüche. Die feinkörnigen gelblich und ebenfalls schwach grünlich bis rosa geflammten Marmore von

Kraig mit den Steinbrüchen am Kulm, NW von Puppitsch (der sog. Mögracher Steinbruch, Abb. 59), Seebichl und später verbaute Steinbruchwände östlich der Kirche von Kraig sind von den Römern genutzt worden (Inscription im Mögracher Bruch aus dem Jahr 60 n. Chr., JANTSCH 1937 nach KIESLINGER 1956). Geologisch gehören diese Marmore im Gegensatz zu allen anderen bisher erwähnten Vorkommen zur Ober-Ostalpinen Einheit; sie sind mit Phylliten und Grünschiefern und sehr feinkörnigen karbonatischen phyllitischen Schiefern der Gurktaler Decke vergesellschaftet. Zwei Kilometer in östlicher Entfernung von Kraig wurden vermutlich ins Devon zu stellende Krinoiden führende blaugraue Phyllit-Marmore gefunden (HAIGES 1977, GOSEN et al. 1982, THIEDIG 1999).

Die geologische Situation im Bereich des fein- bis mittelkörnigen bräunlich gebänderten Marmors von Tiffen (ANDERLE 1977b) weist starke Verfaltungen von Phylliten auf, die eine intensive tektonische Beanspruchung im Grenzbereich (Schuppenzone) der überlagernden Gurktaler Decke vermuten lassen. Diesen Steinbruch muss man ebenfalls mit den Phylliten der Gerlitzten der Oberostalpinen

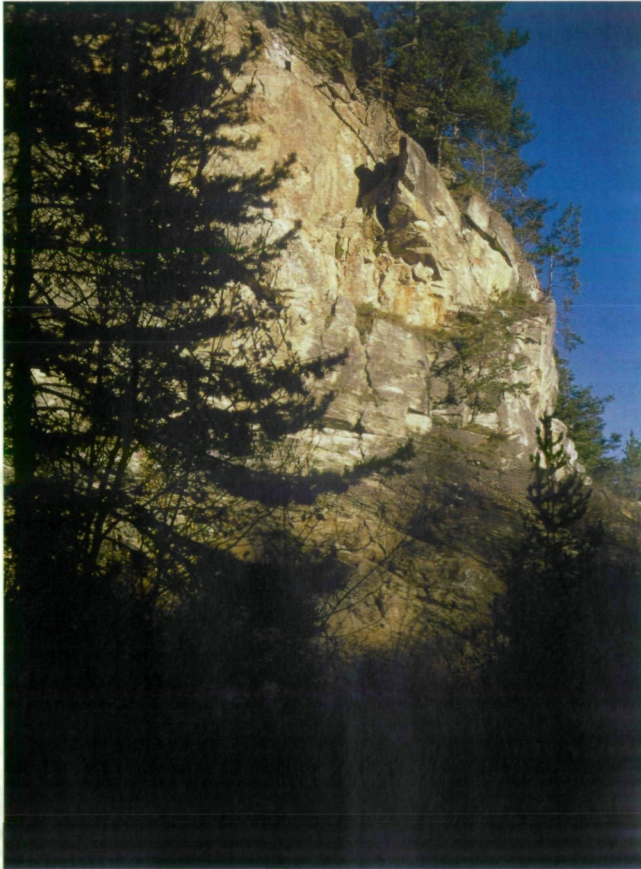


Abb. 59:
Kraiger Marmorsteinbruch Kulm,
(sog. Mögracher Bruch), ca. 600 m
NW von vlg. Puppitsch, gebänderter
feinkristalliner Marmor, Ober-
ostalpine Phyllit-Gruppe



Abb. 60: Marmor-Grabstele des T. IULIVS TAVLVS im Lapidarium. Die Basis ist aus grünen vulkanischen Meta-Tuff-Steinen der Magdalensberg-Folge errichtet



Abb. 61: Marmor-Grabstele mit Grünschiefer-Einschluss der Brüder C. ET Q. VETTIUS im Lapidarium

Gurktaler Decke zurechnen. Von JANTSCH (1938) wurden 1926 im römischen Steinbruch von Tiffen ein Block mit Resten einer Inschrift und Großbronzen des 1. Jahrhunderts n. Chr. entdeckt.

Der kleine Steinbruch bei Steinbrücken (Römerweg über die Wiemitz) nordöstlich von St. Veit liegt etwas versteckt hinter der alten ehemaligen Brauerei. Seine Steine können zum Bau der Brücke verwendet worden sein (Fundamente der heutigen Straßenbrücke), zwei Bruchstücke dieses Kraiger Typs haben wir möglicherweise in den Mauern des Magdalensberges gefunden (Isotopendaten müssen noch einmal untersucht werden).

Versuch einer Mengenabschätzung des römischen Marmorabbaues in Kärnten

Marmorgesteine waren schon lange in der Antike an vielen Orten begehrte Luxusgesteine, von denen uns aus der Römerzeit marmorne Bild- und Bausteine in relativ großer Zahl überliefert sind. Wegen seiner geringeren Härte ist Marmor zur Herstellung von Reliefsteinen und Plastiken besonders geeignet.

In Österreich sind etwa 2000 Römersteine aus Marmor bekannt, davon ca. 800 in Kärnten. Bei der Frage nach dem Volumen des in römischer Zeit abgebauten Marmors kamen wir auf eine überraschend kleine Menge.

Ausgehend von den bisher registrierten 800 Römersteinen in Kärnten (Abb. 60 und 61), erhält man bei einer durchschnittlichen Steingröße von 150 x 65 x 30 cm ein Volumen von etwa 250 m³. Wenn dies schätzungsweise ein Zehntel aller bearbeiteten Marmorsteine in Kärnten sein könnte, einschließlich der Menge, die für Fußböden, Marmortreppen und Verkleidungen und sonstigen Bedarf abgebaut worden ist, gelangt man zu einem Volumen von rund 2.500 m³. Rechnet man noch einmal die dreifache Menge für Abfall im Steinbruch und bei der Arbeit des Bildhauers, ergibt sich daraus eine vielleicht überschätzte Menge von rund 10.000 m³ abgebauten Materials. Damit ist vorstellbar, dass die bisher bekannten Steinbrüche, in denen nachweislich römischer Abbau stattfand (Inschriften, Schrämmpuren, alte Werkzeuge), völlig ausreichen, um die Herkunft der vorhandenen Marmore aus Kärnten zu erklären.

Da viele der im Lapidarium (Abb. 62) am Magdalensberg ausgestellten und beprobten Bildsteine durch ihre Inschriften datierbar sind (Abb. 60 und 61), scheinen zu Beginn der Siedlungstätigkeit auch Marmore schlechterer Qualität aber näher gelegener Steinbrüche (Kraig, Tentlach) Verwendung gefunden zu haben, während Marmore höherer Qualität, die weiter entfernten Steinbrüchen entnommen waren, erst zu Zeiten des später erreichten höheren Wohlstandes erworben wurden (PICCOTTINI 1989b, MÜLLER & SCHWEIGHOFER 1999).



Die Transportwege von den infrage kommenden römischen Marmorsteinbrüchen zum Magdalensberg liegen zwischen 8 km und 50 km (Luftlinie): Kraig 10 km, Tentschach 15 km, Pavor/Seekull (Pörschach) 28 km, Tiffen 29 km, Sattendorf 40 km, Krastal 49 km, Gummern 50 km und Spitzelofen 40 km.

Erhebung der Marmorverkleidungen in der Stadt am Magdalensberg

Während der Blütezeit der Stadt war sie offenbar reich genug, die öffentlichen Gebäude mit Marmor zu verkleiden, wie dies in den meisten größeren römischen Provinzstädten üblich war. Die Fundlage in der Stadt auf dem Magdalensberg ist nicht sehr ergiebig, weil viele Marmor-teile bei der Neugründung Virunums im Zollfeld und später weiteres Material im Mittelalter und besonders während des Baues der Kirche auf dem Gipfel des Magdalensbergs entfernt und wieder verwendet wurden. Somit können die Vermutungen nur einen möglichen Zustand wiedergeben, der z. B. im Fall des Tempels vermutlich noch gar nicht real eingetreten war, weil er bei der Aufgabe der Stadt das Gebäude unvollendet geblieben ist. Aufgrund des Fehlens von Wandverputz- oder Wandmalerei-Resten kann für den Podiumsbereich am Praetorium, den Tempel und die Säulenbasen am Praetorium und Forum eine Marmorverkleidung angenommen werden, wie sie in Resten an der Ost-mauer des Podiums und des Praetoriums erkennbar sind. Die Volumen-Berechnungen orientieren sich an den einge-

Abb. 62:
Lapidarium mit 40 Bildsteinen aus
Marmor verschiedener Herkunft



Abb. 63:
Sandsteinbüste einer Norischen Frau
mit Modiushaube als Kopfbedeckung.
Vitrine Marmor-museum (SH/6), Kopie

Abb. 64:
Marmor-Spolie, Westwand
Wandmalerei-Museum, Händler-
Niederlassung, Haus OR/38,
Größe 29 x 9 cm, 80 cm über Niveau



mauerten Platten am Podium, sowie einem Marmorteil, der im Museum der Einheimischen Keramik (OR19) ausgestellt ist. Die bei diesen Stücken gemessene Dicke der Verblendungsplatten mit 8 cm wird als Grundlage der Berechnungen angenommen.

Beim Podium zeigt der Mauerfuß eine rundum verlaufende Verkleidung, die mit 8,50 lfm ein Volumen von $0,75 \text{ m}^3$ besitzt (Abb. 66), die eingemauerten Platten auf der Oberseite bedecken $16,8 \text{ m}^2$, die $1,34 \text{ m}^3$ entsprechen, bei den Treppenstufen mit 11 lfm ist ein Volumen von $0,99 \text{ m}^3$ vorhanden (Abb. 66, 67). Von der Tempelverkleidung sind nur wenige Bruchstücke einer ehemaligen Marmor-Verblendung vorhanden, die $0,78 \text{ m}^3$ ausmachen. An den Säulenbasen des Praetoriums sind keine Marmorplatten mehr vorhanden. Bei den Säulenbasen des Forums existieren nur noch 7 Reste mit einer durchschnittlichen Abmessung von $0,6 \times 0,6 \times 0,1 \text{ m}$, die insgesamt $0,25 \text{ m}^3$ ausmachen. Daraus ergibt sich ein Volumen von $4,11 \text{ m}^3$ Marmor, der von den originalen Marmorverkleidungen erhalten ist.

Der ursprüngliche Bestand wurde unter der Annahme berechnet, dass das Podium vollständig, der Tempel am

Abb. 65:
Marmor-Spolie, bearbeitet,
Südwand des Schwitzbades in der
Bade-Anlage AA-Häuser.
Größe ca. 20 x 10 cm, ca. 110 cm
über Niveau





Abb. 66:
Marmortreppe und Reste der marmornen Sockelverkleidung am Podium des Praetoriums (Südseite)

Fuß und am Mauerwerk, sowie die Säulenbasen des Praetoriums vollständig und die Säulenbasen des Forums nicht verkleidet waren. Das Podium benötigte bei 16 lfm rundumlaufender Verkleidung $1,42 \text{ m}^3$, die Platten der Oberfläche $1,34 \text{ m}^3$, sowie die Treppenstufen bei 14 lfm $1,26 \text{ m}^3$. Die rundumlaufende Verkleidung verschlang am Fuß des Tempels mit 26 lfm $26,88 \text{ m}^3$ Marmor, während für die Mauerwerksverblendung $21,31 \text{ m}^3$ benötigt wurden. Bei den Säulenbasen des Praetoriums mit 16 Teilen ($0,75 \times 0,75 \times 0,1$) wurden $0,9 \text{ m}^3$ benötigt; die Säulenbasen des Forums wurden nur mit den vorhandenen Resten mit $0,25 \text{ m}^3$ berücksichtigt.

Damit waren ursprünglich mindestens $28,3 \text{ m}^3$ für umlaufende Verkleidungen, $24,4 \text{ m}^3$ für Mauerwerksverkleidungen und für andere Bereiche $3,19 \text{ m}^3$ Marmor, insgesamt $55,89 \text{ m}^3$ benötigt worden. Daraus ergibt sich, dass nur rund 7,4 % des ursprünglich vorhandenen Verblendungs-Marmors am Magdalensberg überliefert wurden.

Interessant sind noch die überschlägigen Berechnungen für den Verbrauch an Mörtel. Modernes Steinmauerwerk



Abb. 67:
Marmor-Treppenaufgang zwischen Praetorium und Tempelbereich zum sog. Felsenheiligtum

benötigt etwa 250 bis 350 l Mörtel pro m³ Mauer das sind für rund 10 000 m³ errechneter Mauer 2500 m³ bis 3000 m³ Mörtel in grober Schätzung für einen Zeitraum von höchstens 50 Jahren. Für einen Kubikmeter Mörtel werden bei einem Raumteil Kalk etwa 3–4 Raumteile Sand, Kies, Schutt und 100 bis 250 l Wasser in Abhängigkeit von den Zuschlagstoffen und von der Konsistenz benötigt. Ähnliche Angaben macht VITRUV in seinen „Zehn Büchern über Architektur“ (Übersetzung FINSTERBUSCH 1991).

Identifizierung von Marmorsteinen (Isotopenuntersuchungen)

Besonders interessant ist es, die zu Bau- und Bildsteinen verarbeiteten Marmorblöcke auf ihre Herkunft aus Kärntner Steinbrüchen zu identifizieren. Neben geologischen, petrographischen und geochemischen Untersuchungen sind in den letzten drei Jahrzehnten zusätzlich die isotopischen Sauerstoff- und Kohlenstoff-Gehalte für die Identifizierung von Marmoren herangezogen worden (CRAIG & CRAIG 1972). Die verdienstvollen umfangreichen geochemischen und petrographischen Untersuchungen durch MÜLLER & SCHWAIGHOFER (1998) haben interessante Ergebnisse gebracht. BEUNINK (1996) hat unabhängig von MÜLLER & SCHWAIGHOFER (1998) insgesamt in 13 Steinbrüchen 60 Proben für Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopenmessungen ausgewählt. Es handelt sich dabei um die bekannten durch archäologische Funde belegten römischerzeitlich genutzten Marmorbrüche von Tentschach, Gummern, Krastal, Treffen, Sattendorf, Pavor-Sekull, Töschling, Tiffen und die drei geologisch zusammenhängenden Steinbrüche von Kraig, Kulm und Seebichl. Außerdem haben wir zwei bisher nicht durch römischerzeitlichen Abbau bekannte kleinere Marmorvorkommen bei Brückl und bei Steinbrücken untersucht, die uns von eigenen Kartierarbeiten bekannt waren (THIEDIG 1966, HAIGES 1977) und sich in relativer Nähe zum Magdalensberg oder von ehemaligen Römerstraßen befinden. Im Ausgrabungsgelände konnte BEUNINK (1996) 80 Marmorsteine beproben. Die von uns gewonnenen Isotopendaten zeigen abweichende Werte, die weiterer ergänzender Untersuchungen bedürfen und daher an dieser Stelle noch nicht zur Verfügung stehen.

Zweifellos stellen die Untersuchungen der isotopischen Zusammensetzungen der Karbonate eine sehr wichtige und interessante Methode dar, die auch in anderen Bereichen bereits erfolgreich angewendet wurde. Bisher liegen hier nur die Untersuchungen von einer Reihe Kärntner Marmorsteinbrüche vor (MÜLLER & SCHWAIGHOFER 1999). Ihre Ergebnisse von untersuchten Römersteinen sind noch nicht veröffentlicht und damit fehlen z. Zt. noch die Ergebnisse dieser Methode für eine genauere Zuordnung dieser Römersteine zu bestimmten Steinbrüchen.

Dennoch gibt es mehrere Möglichkeiten, wie makroskopischen Daten, Korngrößen der Kalzitkristalle, Farben, weitere mineralogisch-petrographische und geochemisch fundierte Untersuchungen, mit denen man auch ohne Isotopendaten eine grobe Zuordnung angeben kann, wovon z. B. KIESLINGER (1956) ausführlich Gebrauch gemacht hat. Bei einigen dieser Methoden bestehen aber unter den Marmoren so große Ähnlichkeiten z. B. des Metamorphosegrades und der Mineralassoziation (z. B. Gummern, Krastal, Treffen oder bei den Pörschacher Marmoren), dass sie nicht zuverlässig genug sind, den genauen Steinbruch zu ermitteln. Lokale tektonische Durchbewegungen und mögliche stoffliche Zufuhr von fluidalen Phasen können weitere Schwierigkeiten bei der Bestimmung und Zuordnung bereiten.

Wichtig erscheint uns der von MÜLLER & SCHWAIGHOFER (1998) bereits erfolgreich begangene Weg, die Merkmale zur Identifizierung von Marmoren nicht nur auf die Isotopenwerte von Sauerstoff und Kohlenstoff zu beschränken, sondern auf umfangreiche chemische Analysen einschließlich Spurenelementen sowie mineralogisch-petrographische und tektonische Dünnschliffuntersuchungen auszudehnen. Dies bedarf möglicherweise noch intensiverer und gründlicherer Basisstudien besonders in den ausgewählten römischzeitlich genutzten Steinbrüchen.

Kalksinter

Die Nomenklatur von Süßwasserkalken ist seit Jahrzehnten sehr kontrovers (STEINER & WIEFEL 1974) geführt worden. Nach der neuesten Literatur KOBAN & SCHWEIGERT (1993) und SCHWEIGERT (1996) handelt es sich hier um Kalktuffe oder Kalksinter, wie diese Gesteine auch schon von KIESLINGER (1956) angesprochen wurden.

Der Name „*tofus*“ für einen weichen, hellen Kalktuff (Kalksinter) findet sich schon bei den römischen Schriftstellern, z. B. bei VITRUV in der Übersetzung seiner „Zehn Bücher über die Architektur“ (Übers.: FENSTERBUSCH 1991) und bei PLINIUS d. Ä. in seiner „*Naturalis historiae liber XXXVI*“, der auch den Travertin als „*lapis Tiburtinus*“ (von Tibur = Tivoli bei Rom) beschreibt. In allen Fällen handelt es sich um Kalkausscheidungen, die zu festen Gesteinen verhärten.

In der Literatur wird Travertin vor allem als Produkt thermaler Wässer unter der Mitwirkung von Bakterien angesehen, während Kalktuffe oder Kalksinter an kühleren Quellen oder in Bächen und Seen durch Ausfällung gelöster Karbonate entstehen, unter Mitwirkung von Algen, Moosen und auch anderen Pflanzen, die inkrustiert werden. Da es sich im vorliegenden Fall nicht um thermale Wässer gehandelt hat, benutzen wir den Ausdruck „Kalksinter“, weil der Ausdruck „Tuff“ zu leicht mit vulkanischen Tuffen des Magdalensberges verwechselt werden kann.

Der Kalksinter hat als Gestein besondere Eigenschaften. Einerseits besitzt er eine sehr große Porosität und eine

geringe Härte. Insbesondere ist er im bergfeuchten Zustand ziemlich weich und lässt sich leicht abbauen und erhärtet erst stärker bei der Austrocknung. Er lässt sich sägen, nageln und benötigt auch keinen Putzträger. Er ist damit besonders gut dafür geeignet, um keilförmige Stücke für Gewölbe oder Torbögen durch einfaches Sägen zu gewinnen. Seine wichtigsten technisch-physikalischen Eigenschaften beruhen auf seiner sehr hohen Porosität. Die sich daraus ergebende geringe Dichte liegt zwischen 1,0 und 1,5 und kann sich mit modernen Kunststeinen messen. Aber nicht nur wegen des geringen spezifischen Gewichtes der Steine sind sie begehrt, sondern auch wegen der sehr geringen Wärmeleitfähigkeit. Mauern aus Kalktuff „schwitzen“ nicht. Seine große Porosität bewirkt auch eine geschätzte Feuerbeständigkeit (KIESLINGER 1956).

Die Verwendung von Kalksintern für Bauzwecke in Kärnten ist schon seit Jahrhunderten bekannt. Vor allem aber belegen die Ausgrabungsfunde den Abbau und die Verwendung von Kalksintern schon zu Römerzeiten. Allerdings hat KIESLINGER (1956) keine Zuordnung der am Magdalensberg verwendeten Kalksinter weder zu Peratschitzen noch zu einem anderen der vielen anderen, meist kleinen Vorkommen in Kärnten vorgenommen. Er beschreibt aber das Kalktuff-Vorkommen bei Peratschitzen (nahe Kühnsdorf) im Bezirk Völkermarkt als das größte und älteste in Kärnten. Die Entstehung der Kalksinter ist auf starke Quellwasseraustritte aus den sehr kalkreichen Drauschottern zurückzuführen, die an der Terrassenkante der Drautalebene (Jauntal) durch die postglaziale Erosion der Drau angeschnitten wurden.

Kalksinter-Steinbrüche in Peratschitzen

Das Vorkommen bei Peratschitzen westlich Kühnsdorf wurde schon in der römischen Zeit entdeckt und genutzt. Besonders wichtig in diesem Zusammenhang ist ein römischer Gräberfund mit Brandbestattung bei Srejach nur

Abb. 68:

Kalksinter-Steinbruch von Peratschitzen, NW Kühnsdorf (Bezirk Völkermarkt) Steingewinnung mit einer großen Schwenksäge, bis zu 8 m hohe Abbauwände, in den 1930er bis 1960er Jahren in Betrieb, im Vordergrund Abfallkante, Foto 1997





Abb. 69:
Kalksinter-Steinbruch „Spritzen-
haus“ in Peratschitzen, alte 4 m hohe
Abbauwand unterhalb der Dorf-
straße. Im westlichen Teil der alten
Abbauwand wurden Meißelspuren
entdeckt, außerhalb des Fotos
(vergl. Abb. 70),
ZIERENBERG & ASCHWER 1997

etwa 2 km westlich von Peratschitzen. Das Grab aus tiberischer Zeit (14 bis 37 n. Chr.) war mit bearbeiteten Kalksin-
terblöcken vom Typ Peratschitzen eingefasst (DOLENZ
1960), was deutlich für die Existenz von römischen Stein-
brüchen in der Nachbarschaft von Peratschitzen spricht.

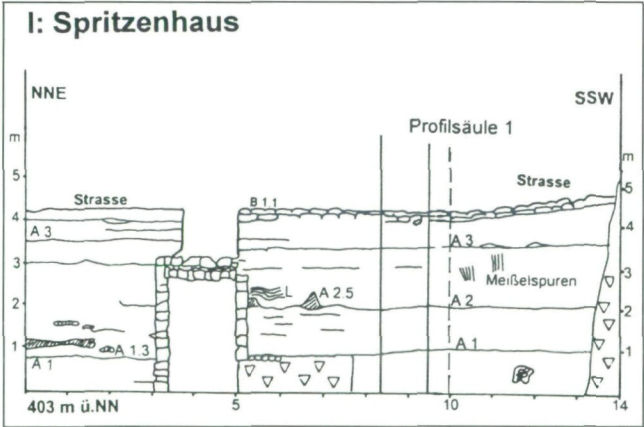
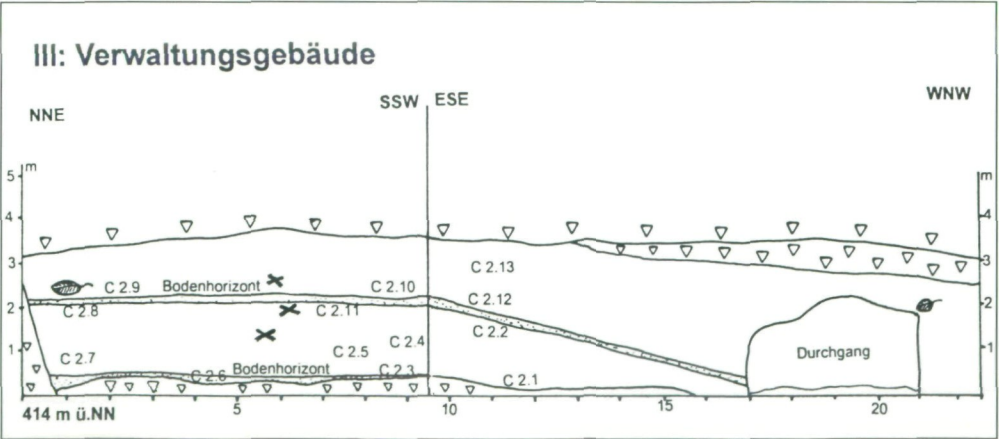


Abb. 70:
Geologische Profilskizze des Kalk-
sinter-Steinbruchs „Spritzenhaus“
in Peratschitzen mit Lage (x) der
Meißelspuren (vergl. Abb. 69),
ZIERENBERG & ASCHWER 1997

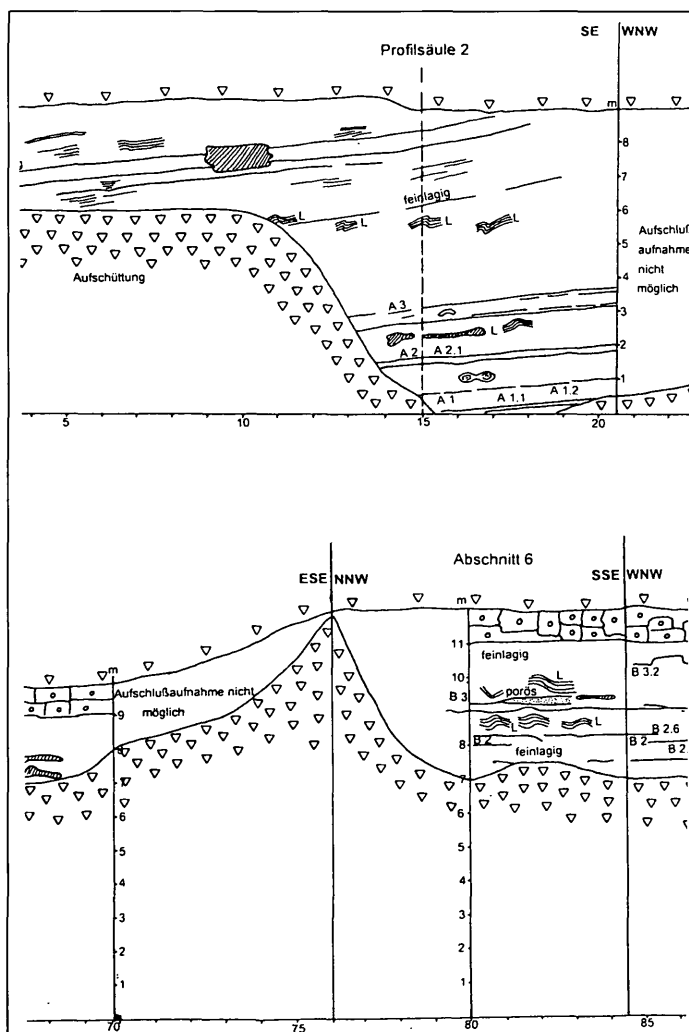
Abb. 71:
Geologische Profilskizze des Kalk-
sinter-Steinbruchs „Verwaltungsge-
bäude“ in Peratschitzen mit Lage (x)
der datierten kohligen Baumstamm-
reste, ZIERENBERG & ASCHWER 1997



Auch in den Originalmauern der frühchristlichen Kirchen auf dem Hemmaberg bei Globasnitz (*Juenna*) und in *Teurnia* konnten wir einzelne Stücke von Kalksinterblöcken vom Typ Peratschitzen entdecken.

Bausteine aus dem Kalktuff sind an verschiedenen mittelalterlichen Kirchen sichtbar, z. B. romanische Bogenwerkstücke an der Peterskirche in Friesach. Besonders im 16. Jh in Unterkärnten erbaute Kirchen weisen einen beachtlichen Anteil an Bausteinen aus Peratschitzen-Kalksinter auf. Bis 1922 wurde der Abbau händisch betrieben, dann erfolgte eine Umstellung auf eine maschinell betriebene rotierende Säge, die an einem schwenkbaren Arm befestigt war (Abb. 68). In dieser Zeit sind auch zahlreiche Wohnhäuser besonders in Unterkärnten und auch in Klagenfurt, z. B. in der Aichelberg-Labia-Straße, aus dem Kalksinter erbaut worden. Der Abbau der Kalk-

Abb. 72:
Geologische Profilskizze des
Kalksinter-Steinbruchs
„Hauptbruch“ in Peratschitzen,
ZIERENBERG & ASCHWER 1997



sinter in Perartschitzen wurde in den 1960er Jahren eingestellt.

ZIERENBERG & ASCHWER (1997) haben die vor wenigen Jahren noch offenen alten Steinbruchwände in Perartschitzen untersucht und erstmals sorgfältig kartiert (Abb. 68 bis 75). Es ergab sich eine Gesamtmächtigkeit von maximal 28 m (Abb. 74), von denen allerdings zuletzt nur noch wenige Meter in zwei alten Brüchen und dem kürzlich weitgehend zugeschütteten großen Hauptbruch aufgeschlossen waren. ZIERENBERG & ASCHWER (1997) gelang der Nachweis in Dünnschliffuntersuchungen, dass die Flora und Fauna, die im Kalktuff eingeschlossen sind, mit den auf dem Magdalensberg verwendeten Material identisch sind. Neben dem großen neuzeitlichen, inzwischen zugeschütteten Steinbruch-Areal südwestlich der Dorfstraße gibt es zwei kleinere alte Steinbrüche, die nordwestlich der Straße liegen. In

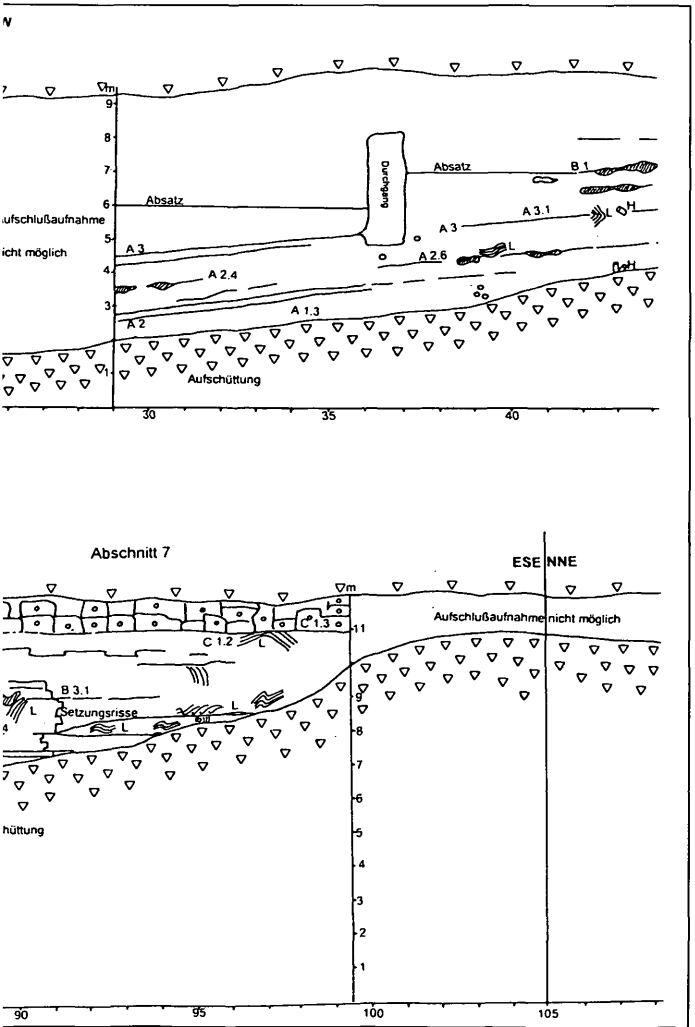
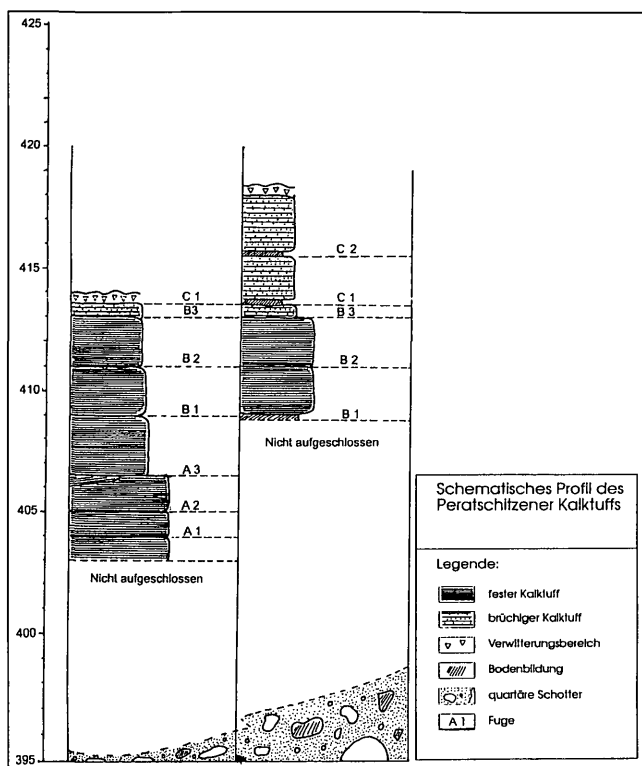


Abb. 73: Legende zu den Abb. 70 bis 72, ZIERENBERG & ASCHWER 1997. Detailaufnahme des Perartschitzener Kalktuffvorkommens. Maßstab 1:240.

- Kalktuff
- Algenlaminit
- stark verwitterter Kalktuff
- Kalktuff (porös)
- Feinschichtung
- Fugen
- Astlöcher
- Pflanzenmaterial
- Holzreste
- Hohlräume
- A-Horizont
- B-Horizont
- C-Horizont
- Probenentnahmepunkte
- Auffüllung

Abb. 74:
Geologisches schematisches
Gesamtprofil des Peratschitzener
Kalksinters, ZIERENBERG & ASCHWER
1997



dem nordöstlich befindlichen kleinen Bruch ist ein Garten angelegt (bei Kote 409), der nach Südwesten mit einer Steilwand die oben verlaufende Dorfstraße begrenzt, während der südwestlichere mit einer stollenartigen rechteckigen Öffnung in gleicher Position zur Straße hinter einem Wohnhaus liegt. Die Öffnung gehört zu einem tonnenförmigen Raum direkt unter der Straße (Abb. 69 und 70), der früher als Tunnel in den großen Steinbruch südwestlich der Straße führte. In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts wurde der südwestliche, hintere Auslass für die Aufbewahrung einer Feuerspritze zugemauert. Wir haben diesen alten, kleinen Steinbruch mit der Öffnung in der vertikalen Wand neben der Dorfstraße, „Spritzenhaus-Bruch“ genannt. An dessen etwa 5 bis 6 m hohen vertikalen Wand wurden in etwa 3 bis 4 m Höhe, etwa 10 m westlich der Öffnung, Meisselspuren entdeckt (auf der Abb. 70, rechts). Hier oder weiter nordöstlich und südlich im inzwischen aufgeschütteten und bebauten Gelände könnten die römischen Steinbrüche gelegen haben (Abb. 75).

Besonders interessant ist der Fund von drei völlig verkohlten größeren Baumstammstücken in einem temporären Aufschluss (Neubau eines von der Dorfstraße etwas zurückgesetzten Wohnhauses neben dem ehemaligen Verwaltungsgebäude, Abb. 71), an denen Altersdatierungen mit Hilfe von Kohlenstoff-Isotopen durch das C14-Labor von Prof.

Dr. Geyh (GGA–BGR in Hannover) vorgenommen wurden. Ein Stammstück weist ein konventionelles Alter von 2110 ± 170 Jahren auf; das entspricht einem kalibrierten Alter von BC 375 bis AD 75. Dies korrespondiert mit dem Alter der römischen Bautätigkeit am Magdalensberg. Es könnte sich dabei um eine später eingewachsene Wurzel handeln, weil ein über diesem Stamm liegender weiterer Baumstamm ein um ca. 1500 Jahre älteres Resultat erbracht hat, während ein etwas tiefer liegendes Holzkohlestück ein Alter von 3815 ± 250 Jahren aufweist. Der Versuch, durch neues Material einer dazwischen liegenden mit Kohlenstoff angereicherten Kultur-Bodenschicht mehr Klarheit über die Altersabfolge zu gewinnen, blieb erfolglos.

Probe-Nr.	Entnahmetiefe	konventionelles Alter	kalibriertes Alter
C 2.13	1,30 m*	4564 +/- 190 ka	3620–2925 v. Chr.
C 2.12	1,55 m*	2110 +/- 170 ka	375 v.-.75 n. Chr.
C 2.5	2,50 m*	3815 +/- 250 ka	2580–1890 v. Chr.

* unter Geländeoberkante auf der Südseite des ehem. Verwaltungsgebäudes

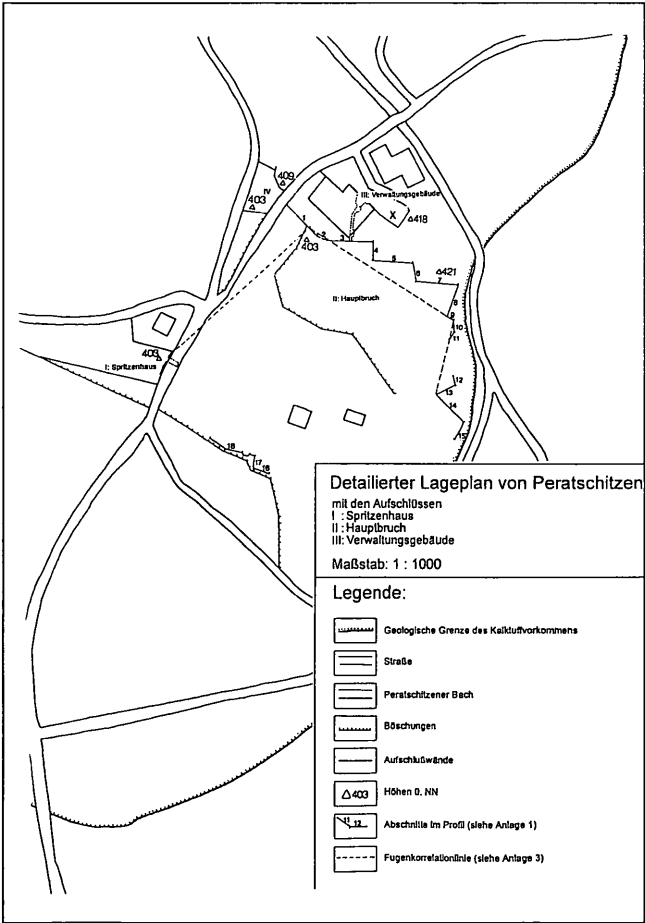


Abb. 75:
Detaillierter Lageplan der Kalksinter-Steinbrüche in Peratschitzen, ZIERENBERG & ASCHWER 1997. Bei Höhenkote 418 (Verwaltungsgebäude), Fundstelle der verkohlten Baumstämme (x)

Die verkohlten Baumstämme lagen alle im Abschnitt C 2, d. h. in den allerobersten Kalksinterlagen. Wenn diese bereits einen Zeitraum von ca. 5000 Jahren repräsentieren, müssen wir davon ausgehen, dass hier nicht nur Ablagerungen des Holozäns, sondern auch älterer Interglazialstadien vorliegen könnten (Abb. 72–75). Ob dabei auch aufgrund möglicher verschiedener Fossilführung von Pflanzenresten (KAHLER 1926, ZIERENBERG & ASCHWER 1996) unterschiedliche Horizonte erkannt werden können, ist noch nicht näher untersucht worden.

Das Vorkommen von Peratschitzen liegt etwa 33 km (Luftlinie) vom Magdalensberg entfernt und südlich der Drau. Nicht weit von Peratschitzen hat eine Furt an der Römerstraße gelegen, die die Bergstadt auf dem Magdalensberg mit dem etwa 45 km südöstlich entfernten *Iuenna* (Globasnitz) verband.

Kalksinter als Baumaterial auf dem Magdalensberg

Die Kalksinter fanden in den Ausgrabungen am Magdalensberg vor allem bei Türbögen, Türlaubungen, Eckmauerungen und bei den Warmluftheizungen (*hypocaustum*) Verwendung. Vereinzelt sind auch einzelne Kalksinterstücke in den Mauern verbaut worden (Abb. 76).

Die interessante Frage, ob die z. T. sehr exakt bearbeiteten Kalktuffsteine im Steinbruch quasi per Auftrag vorgefertigt wurden oder ob sie erst an der Baustelle ihr endgültiges Format erhielten und ob multiple Maße des römischen Fußes feststellbar sind, konnte nicht eindeutig geklärt werden. Es ist jedenfalls auffällig, dass für verschieden breite Türdurchgänge (z. B. im Bereich des Praetoriums) in Abhängigkeit der Breite eine jeweils verschiedene ungerade Zahl an keilförmigen Bogensteinen verwendet wurde, die quasi auf Bestellung oder an Ort und Stelle angefertigt wurden.

Abb. 76:
Zwei Mauersteine des porösen
Kalksinters von Peratschitzen
in einer Blindmauer der Südhang-
bauten



Dank der Datierungen, die für die meisten Mauern ermittelt wurden (PICCOTTINI 1989a,) konnte die zeitliche Verwendung von bearbeiteten Kalksinter angegeben werden (ZIERENBERG & ASCHWER 1997). Danach lässt sich bereits in der zweiten Bauphase, der augusteischen 50 v. Chr. bis 15 v. Chr., die Verwendung von sehr exakt bearbeiteten Kalksinter-Steinen nachweisen. Die Hälfte aller untersuchten Kalksinter-Steine sind in dieser Zeit verbaut worden (ca. 50 %). In der folgenden III. Bauphase, der spätaugusteischen-frühtiberischen Bauphase (ca. 30–40 n. Chr.) ist dieser Brauch fortgesetzt worden; der Anteil der Kalksinter-Steine in dieser Zeit liegt bei 40 %. In den tiberischen und frühclaudischen, letzten Umbauphasen beträgt der Anteil an diesen Kalktuff-Steinen nur noch etwa 1–2 %. Von ca. 8 % der Kalksinter-Steine war keine Einstufung möglich. Die Bausteintypen verteilen sich auf ca. 88 % quaderförmige, ca. 8 % Bogensteine und ca. 4 % Säulen (vorwiegend Stützen für die Hypokausten-Heizung im Bereich der Badeanlage). Im Einzelnen sind 249 Steine aus der augusteischen Bauphase vermessen worden, aus der spätaugusteischen bis frühtiberischen Phase 174 Steine, aus der tiberischen Phase 14 Stück, 48 Kalksinter-Steine konnten zu keiner Phase zugeordnet werden. Im Badbereich wurden 11 Säulchen der Heizungsanlage vermessen, außerdem wurden insgesamt 6 Torbögen vermessen. Die Gesamtzahl der untersuchten Kalksinter-Bausteine liegt bei 560 Stück. Wichtige Stücke liegen im Bereich des RP-Hauses, des Forums und der Badeanlage. Besonders interessant ist die Verwendung von großen, relativ dünnen (dünner als 10 cm) Kalktuffplatten an der Brunnenfassung im RP-Haus und im Caldarium der Badeanlage zur Abdeckung der Heizungsanlage.

Das Gesamtvolumen der über 560 untersuchten Kalksinter-Bausteine erscheint mit ca. 7 m³ sehr gering; sie verteilen sich auf folgende Verwendungen:

Basis-, Eck- und andere Mauersteine	6 m ³	88 %	492 Stück Quader
Bogensteine in Tor- und Türdurchlässen	0,5 m ³	8 %	45 Stück Formsteine
Pfeiler in der Heizungsanlage des Bades	0,3 m ³	4 %	22 Stück Säulchen

ZIERENBERG & ASCHWER (1997) sind mit großem Einsatz der Frage nach einer Vorfabrikation der Kalktuffsteine nachgegangen. Sie haben eine umfangreiche Statistik aufgestellt, in der zwei Maxima bei den Kantenlängen der Quader auftreten (bei 28 und 32 cm). Es konnte keine signifikante Beziehung zu römischen Maßen (Fußmaß) hergestellt werden. Eine Erklärung für diese Tatsache könnte in der Beschreibung von RABITSCH (1843) zu finden sein, der in der ersten Beschreibung der Kalksinter in Kärnten überhaupt auf den Abbau der Kalksinter näher eingeht. Er beschreibt, dass mit einem Kreuzkrampen große Quader von 8 Fuß Länge und 3 Fuß Breite freigehackt und schichtparallel abgehoben wurden. Zu diesem Zweck wurde die

Schichtfuge mit eisernen Keilen erweitert und der Block mit langen Holzstangen los gehiebt. Der so gewonnene Block wurde in einem zweiten Arbeitsschritt mittels grobzähliger Zugsägen beinahe vollständig zerteilt. Die endgültige Zerlegung des Blockes erfolgte dann durch das Eintreiben von Holzkeilen in die vorbereiteten Furchen. Diese Rohlinge wurden direkt aus dem Steinbruch verkauft und abtransportiert. Ihr Volumen schwankte zwischen 1 und 1 1/2 Kubikfuß der damaligen Zeit (RABITSCH 1843). Es ist gut vorstellbar, dass auch in der römischen Zeit ein ähnlicher Abbau stattfand und die bearbeiteten Blöcke als Rohlinge von Peratschitzen über eine Furt in der Drau zum Magdalensberg transportiert wurden und vor Ort genau nach den Angaben der Baumeister in die gewünschte Grösse gebracht wurden (ZIERENBERG & ASCHWER 1997). Auffällig ist jedenfalls die sehr exakte rechtwinkelige Bearbeitung der Kalktuffblöcke.

Als bisher einmalig ist die doppeltkonische Form der Säulchen aus Kalksinter in der Fußbodenheizung der Badeanlage auf dem Magdalensberg anzusehen (Titelbild). In einer großen Anzahl von vergleichbaren römischen Badeanlagen in Süddeutschland und im Mittelmeerraum haben wir nirgends ähnlich geformte Stützen aus Kalksinter oder anderem Material für Hypokaustenanlagen gesehen. VITRUV (Übersetzung: FENSTERBUSCH 1991:245) beschreibt solche Stützpfiler für den Hypokaustenbau, die aus achtzölligen Ziegeln errichtet werden sollen, in Abständen, dass sie von 2 Fuß langen Ziegelplatten (oder wie hier am Magdalensberg als Ausnahme mit eben so großen Kalksinterplatten) abgedeckt werden können, die den Estrich tragen.

Interessant ist die Frage, ob den Römern die Wärme dämmende Wirkung der sehr porösen Kalktuffe bekannt war und sie bewusst diesen Baustoff für die Hypokaustenheizungen verwendet haben, oder ob der Kalksinter nur wegen seiner leichten Verarbeitung bevorzugt wurde. Auffällig ist auch die doppeltkonische Form der Stützen (Säulchen), die den Querschnitt der Hypokaustenenkanäle vergrößert und somit den heissen Luftstrom beschleunigt und den Wärmeeffekt steigert (Titelbild und Abb. 93).

Fremde verschleppte Bausteine

Unter den zahlreichen Bausteinen in den alten Mauern haben wir einige wenige Steine gefunden, die nur als Einzelstücke vorkommen. Sie sind aus unbekannten Gründen mit Fuhrwerken verschleppt worden. So entdeckten wir mehr zufällig in einer gerade ausgegrabenen Hausmauer eines Südhang-Terrassen-Hauses unterhalb der zum Gipfel führenden Straße einen etwa kopfgroßen Rudistenkalk, wie er aus Kärnten nur von sehr groben, proximalen Turbiditen der Krappfeldkreide (Gosau) bekannt ist (THIEDIG 1975). Es

gibt dabei nur wenige Fundpunkte, die nahe einer alten Römerstraße gelegen sind. Der nächstgelegene Aufschluss liegt etwa 8 km NNE vom Magdalensberg, wo solche Turbidite in der Nähe des Gurkufers bei Unterpassering anstehen. Hier wird mit großer Sicherheit der Verlauf einer Römerstraße vermutet. Weitere Vorkommen liegen im Görtischtal bei Wietersdorf und zwischen Klein St. Paul und Eberstein, sowie bei Althofen. Es ist zu vermuten, dass dieser Kalkstein mit einem Fuhrwerk zum Magdalensberg verschleppt wurde. Über diesen Fund werden wir gesondert berichten. Vermutlich stammt der größere Sandsteinblock an der Westmauer des Praetoriums aus höheren Anteilen der Oberkreide des Krappfeldes; uns sind ähnliche Quarzgeröll führende Kalksandsteine aus der Umgebung von Silbereg bekannt (Abb. 35).

Zusammenfassung über den Bestand der Mauerbausteine im Ausgrabungsgelände

Der Bestand an verschiedenen Mauersteinen setzt sich aus 4 geologisch unterschiedlichen Gesteinsbereichen zusammen. Zahlenmäßig an erster Stelle sind die lokal anstehenden Bruchsteine der ordovizischen Vulkanit- und Tonschiefer-Folge zu nennen, die in kleinen Steinbrüchen unmittelbar an den Baustellen der einzelnen Terrassen-Häuser gewonnen und sofort wieder für den Mauerbau verwendet wurden. Wenn dabei zu wenig Material anfiel, wurden Steine zusätzlich in kleinen Brüchen gewonnen (z. B. nördlich des Gipfelbereichs des Magdalensberges).

Daneben wurden die vom Draugletscher aus den Hohen Tauern, der Kreuzek-Gruppe, den Karnischen- und Gailtaler-Alpen heran transportierten eiszeitlichen Geschiebe überall auf den Äckern und im ganzen Gelände aufgelesen und sofort in das neuen Mauerwerk eingearbeitet. In dieser Gruppe können wir die kristallinen Schiefer von postvariscischen, nicht metamorphen Vulkaniten und Sedimentgesteinen unterscheiden. Schließlich sind die von den Römern künstlich erzeugten gebrannten Ziegel, der römische Beton, Mörtel und Wandverputz zu erwähnen.

Besondere Gesteine, wie die edlen Marmore und die besonders leichten, porösen und einfach zu verarbeitenden Kalksinter aus Peratschitzen wurden von zahlreichen Fuhrwerken aus Entfernungen von bis zu 60 km auf den Magdalensberg herauf transportiert. Daneben gibt es einige wenige mehr zufällig verschleppte Gesteine, deren Ursprungsort wir nur teilweise kennen, wie Rudistenkalke aus der Turbiditfazies der Oberkreide des Krappfeldes und Glimmerschiefer der Saualpe.

Von den auf einer Außenfläche von ca. 1000 m² untersuchten über 47.000 Mauersteinen stammt die überwältigende Menge von über 95 % von den örtlich anstehenden altpaläozoischen Meta-Vulkaniten und Tonschiefern der

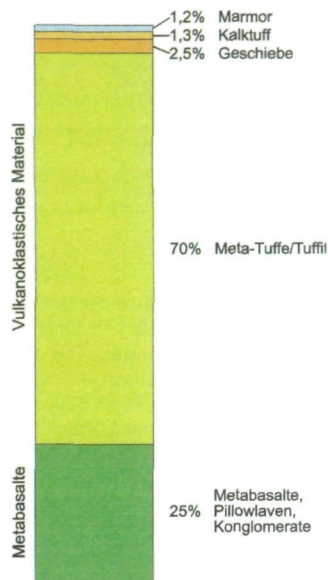
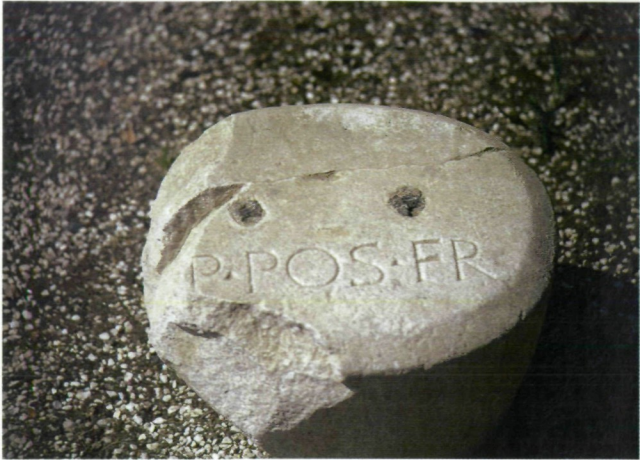


Abb. 77:
 Diagramm der Verteilung aller von uns identifizierten und klassifizierten Bausteine in der Bergstadt von ca. 1000 m² Wandfläche mit ca. 47.000 Mauersteinen, davon sind 1200 Stück eiszeitliche Geschiebe, ca. 600 Marmorspolien und über 600 Blöcke Kalksinterblöcke aus Peratschitzen. Damit stammen über 95 % aller Bausteine vom Magdalensberg selbst.

Abb. 78:
Großes Gewicht mit der Inschrift
P.POS.FR und zwei Löchern für einen
Handgriff, aus mesozoischem oder
tertiärem Kalkstein noch unbekann-
ter Herkunft, importiert, Südhang-
bauten SH/6, Marmormuseum, auf
dem umlaufenden Sockel.



namensgebenden Magdalensberg-Folge. Die eiszeitlichen Geschiebe, die im Gelände aufgefunden wurden, machen ca. 2,5 % aus. Die von Peratschitzen südlich der Drau aus ca. 33 km Entfernung herauf transportierten Kalksinterblöcke haben einen Anteil von 1,3 % und die in den Mauern steckenden Marmorbruchstücke sind mit 1,2 % beteiligt (Abb. 64 und 65). Wir haben in der Statistik bei den in den Mauern wegen anhaftender Mörtelreste oder anderer Verschmutzung nicht identifizierbaren Gesteine eine Abschätzung vorgenommen, die den Anteilen bei den identifizierbaren entspricht (Abb. 77).

Steinerne Gebrauchsgegenstände, Mosaiksteinchen, Quarzkristalle

Verschiedene steinerne Gebrauchsgegenstände wie Mühlsteine, große Gewichte (zum Abwiegen von schweren Eisenprodukten), größere Marmorgefäße und auch z. T. sehr großen Quarz-Kristall-Stufen stammen aus unterschiedlichen Gegenden Kärntens.

Abb. 79:
Großes eiförmiges eiszeitliches
Geschiebe, Meta-Quarzit, auf dem
umlaufenden Sockel im Marmormu-
seum, Südhangbauten SH/6. Das
Geröll ist an einer Seite bearbeitet
und wurde möglicherweise als
schweres Gewicht der Eisenhändler
verwendet, großer Durchmesser
42 cm, kleiner Durchmesser 28 cm



Ein großes Gewicht mit einer Inschrift und mit einem abgebrochenen und verrosteten Metallgriff ist kein Marmor, sondern ein fossilführender mesozoischer oder tertiärer Kalk (Abb. 78) und sehr wahrscheinlich importiert.

Das große eiförmige eiszeitliche Geröll, das als mögliches Gewicht eingeschätzt wird, ist ein Quarzit, der vermutlich in einem Gletschertopf gerundet wurde. Es ist an einer Seite behauen und könnte vielleicht auch als Skulptur aufgestellt gewesen sein (Marmormuseum SH/6, Abb. 79).

Im Freilandmuseum befinden sich zahlreiche Mühlsteine aus einheimischen Granat-Glimmerschiefern (darunter einer mit großen dunklen Disthen-Kristallen aus der südlichen Saualpe) und vereinzelt aus Permoskyth-Sandsteinen (Abb. 80 bis 82).

Von Interesse sind auch Mosaiksteinchen, wo wir den Verdacht hatten, dass sie vielleicht aus Italien importiert worden sein könnten. Dünnschliff-Untersuchungen haben aber ergeben, dass bei den Schwarz-Weiß-Mosaiken die weißen Steinchen vom Magdalensberg aus sehr hellen fos-



Abb. 80:
Mühlstein-Kollektion im Gebäude NG/35 des Wohn- und Werkstättenviertels, Mehrzahl der Stücke aus verschiedenen Granat-Glimmerschiefern, teilweise Saualpen-Kristallin



Abb. 81:
Mühlstein aus Geröll führendem Permoskyth-Sandstein (mit Oberrotliegend Tongeröllen), Mühlstein-Kollektion im Gebäude NG/35 des Wohn- und Werkstättenviertels, Herkunft: Rotenkogel oder Steinbruchkogel nördlich Christofberg (?), Durchmesser ca. 42 cm, Lochdurchmesser ca. 8 cm



Abb. 82:
Mühlstein aus Disthen-Granat-Glimmerschiefer, große hellgraue bis 5 cm lange Disthenkristalle, Mühlstein-Kollektion, Raum NG/35, Herkunft südliche Saualpe zwischen Gretschtz-Breitenstein-Diex, Durchmesser 40 cm, Lochdurchmesser 4 cm

Abb. 83:
Zweifarbiges Mosaik an der Nord-
wand des Apsidenraumes im RP-
Gebäude mit keltischem Pferde-
motiv. Das Mosaik befindet sich
direkt über dem später eingebauten
Heizungskanal im Apsidensaal.
Rechts: Reste von Römischem Beton



silführenden Karbonatgesteinen, wahrscheinlich aus Kal-
ken der nahe gelegenen Oberkreide des Krappfeldes gefe-
tigt wurden (freundliche Mitteilung von Herrn Prof. Erik
Flügel, Erlangen). Die schwarzen Steine weisen im
Dünnschliff große Ähnlichkeiten mit dunklen Schiefern der
Raibler Schichten (Trias) auf, wie sie ebenfalls in dem
nördlich angrenzenden Bergland bei Launsdorf und
südwestlich Eberstein bis Pölling vorkommen (Abb. 83).

Ein einmaliger Fund in einem der AA-Häuser südlich
der Strasse war die Entdeckung einer Händler-Kollektion
von z. T. sehr großen Quarzkristallen, die nach Untersu-
chungen von NIEDERMAYR (1993) aus alpinen Klüften der
Hohen Tauern stammen. Sie wurden zur Herstellung von
Schmuck und vielleicht auch als Weihgaben verwendet.
Glaswaren, wie die kleinen Parfumfläschchen sind aus
Aquileia importiert worden (Abb. 85). Die Goldgussformen
wurden aus Marmor (Vitrine im Vorraum des RP-Gebäu-
des) gefertigt.

Abb. 84:
gebrannter Ziegelstein, lange Wand
östlich Eisenmuseum,
Größe 15 x 7,5 cm, 150 cm über
Niveau





Abb. 85:
Sammlung von gläsernen Parfum-
fläschchen (*balsamaria*), Vitrine im
Vorraum des RP-Gebäudes, Import-
ware aus Aquileia

Gebrannte Tonprodukte, Ziegel, Glas

Gebrannte Ziegel aus einem Ton- und Sandgemisch sind verhältnismäßig selten gefunden worden (Abb. 84), auch gebrannte Dachziegel sind nicht sehr häufig (Einzelstücke mit Herstellerstempeln im kleinen Keramikmuseum des RP-Gebäudes). Man vermutet, dass Letztere, falls sie überhaupt vorhanden waren, beim Verlassen der Bergstadt mit in die im Tal gegründete Stadt *Virunum* mitgenommen wurden, um dort beim Aufbau der neuen Stadt wieder verwendet zu werden.

Andere römische Produkte, wie *terra sigillata*, Öllämpchen und vieles andere mehr wurde aus Produktionszentren importiert, ähnlich wie umgekehrt das aus Kärnten stammende *ferrum Noricum* über weite Entfernungen in den mediterranen Raum, möglicherweise bis nach Marokko exportiert wurde. Ein erheblicher Teil der Töpferware stammt aus heimischen Tonvorkommen (Abb. 86), deren Lokalität aber nur teilweise bekannt ist (FLÜGEL & FLÜGEL 1997). Gegenstände aus Glas waren kostbar, sie wurden alle importiert, jedenfalls ist bisher keine Glasfabrikation aus Kärnten bekannt.



Abb. 86:
Freiland-Vitrine mit Töpferware im
Lapidarium. Einheimische (mehr
bräunlich) und importierte Ware (rot)



Abb. 87:
Hölzerne Brunnenfassung eines
Privathauses, Holzmuseum NG/37,
Fichtenholz, vermutlich ehemaliges
Weinfass (importiert)



Abb. 88:
Nichttragende Fachwerkwand aus
Rutengeflecht mit beworfenem
Mörtel (rekonstruiert) zur Raum-
unterteilung, Wohn- und Werk-
stättenviertel, Raum NG/33

Hölzer

In großem Umfang wurde vor allem Holz zum Bau der Dächer, Treppenaufgänge und für Decken bei den zweigeschossigen Häusern, beim Brunnenbau, für Rohrleitungen, für Türen und Fenster verwendet, neben dem großen Bedarf an Holz zum Kochen und Heizen. Von diesem Material haben sich nur hölzerne Verschalungen von Brunnenverkleidungen durch die besonderen Bedingungen unter Luftabschluss über die Jahrtausende erhalten (Abb. 87). Es ist anzunehmen, dass durch den großen Bedarf an Holz die näher gelegenen Waldgebiete geschlägert und durch den Kahlschlag verbuscht waren. Solche Ruten aus Verbuschungszonen gerodeter Wälder wurden zahlreich benötigt, um leichte und schmale Flechtwände zur Raumaufteilung der Steinhäuser herzustellen (Abb. 88).

Künstliche Steine

Opus caementitium (römischer Beton), Mörtel und Wandverputz

Besonders wichtiges Baumaterial stellen der Römische Beton und Mörtel dar. Dazu wurden vor allem gebrannter Kalk und Zuschlagstoffe wie Kies, Sand, Ziegelsplitt und auch große Mengen größerer Gesteinsbrocken benötigt. Sehr schöne Beispiele für Gebäude und Anlagen in der Technik römischer „Betonherstellung“ (*opus caementitium*) haben LAMPRECHT (1993) und SINN (1993) veröffentlicht. Vom Magdalensberg ist bisher nur eine Untersuchung über die Zusammensetzung eines Wandverputzes bekannt (TROJER 1966).

Es gibt in der Antike verschiedene Techniken bei der Herstellung von Mauern, die sich in einem langwierigen Prozess entwickelt haben. Die älteste Anwendung der *opus caementitium*-Betontechnik (LAMPRECHT 1993) ist von einem Eingangsbogen für das Forum von Cossa/Italien aus der 1. Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. belegt. Obwohl keine genauen Beschreibungen und Terminologien existieren, führt LAMPRECHT (1993) eine ganze Reihe von Bezeichnungen für verschiedene Bautypen der Mauergestaltung an: *opus caementitium*, *opus quadratum*, *opus incertum*, *opus signinum*, *opus reticulatum*, *opus testaceum*, *opus mixtum*, *opus vittatum* und *opus spicatum*. Die vier unterstrichenen Typen konnten wir in den Bauten auf dem Magdalensberg wiederfinden. Das *opus incertum*-Mauerwerk ist ein römischer Beton mit einer Schale aus unregelmäßigem Steinmauerwerk, bei dem man den inneren Kern von zwei Außenschalen unterscheidet, die beide aus unregelmäßigen Bruchsteinen aufgebaut sind. Dabei sind die beiden Außenschalen sorgfältig mit den besten Steinen ausgeführt, während der innere Kern mit weniger gut zum Mauern geeigneten Gesteinsbruchstücken, Schlacken- und

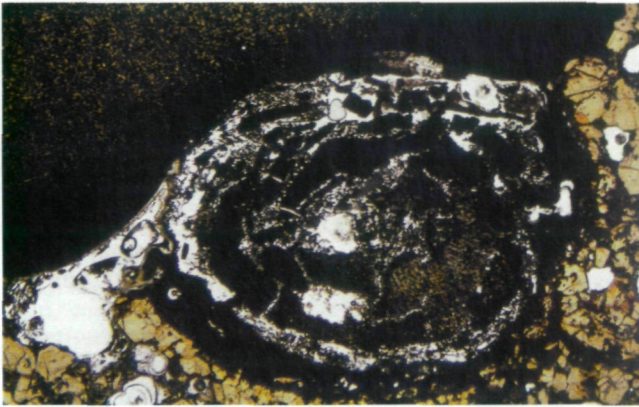


Abb. 89:
Dünnschliff einer Eisenschlacke, an der ein Holzkohlenrest in Form eines Ästchens mit einem Durchmesser von ca. 0,7 cm haftet. Das Betonstück (*opus signinum*) stammt aus der Stahlbeton-Mauer am Heizungskanal im Apsidensaal des RP-Gebäudes. Der Bildausschnitt hat eine Breite von ca. 1 cm.

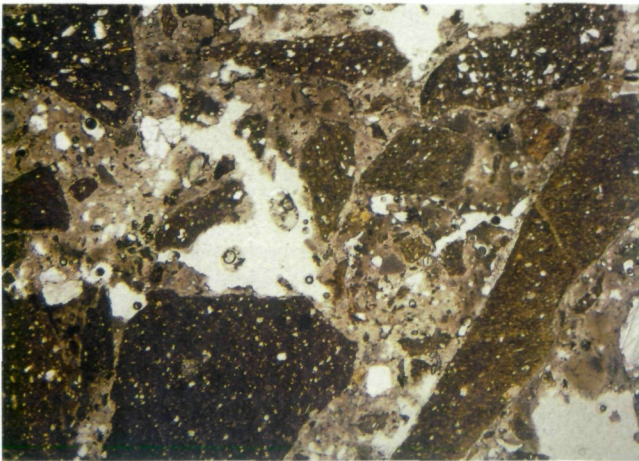


Abb. 90:
Gesteinsdünnschliff mit Ziegelsplitt (dunkel) als Zuschlag für einen römischen Beton (*opus signinum*) aus demselben Betonstück wie Abb. 89. Das lange schmale splittrige Ziegelstückchen am rechten Bildrand ist ca. 1 mm breit und 5 mm lang, Bildbreite ca. 1 cm.

Holzkohlenresten gefüllt ist (Abb. 89). Wir schätzen, dass mehr als 95 % der Mauern am Magdalensberg in dieser Ausführung errichtet wurden.

An wenigen Stellen konnten wir den Typ *opus signinum* entdecken. Der als Römischer Beton oder Feinbeton bezeichnete Typ fällt vor allem durch den Zuschlag aus z. T. sehr feinem rotem Ziegelsplitt auf. Wir haben diese auffällige Ausführung als oberste Betondecke in den Resten der Abdeckung des Hypokaustenkanals auf der Nordseite im Aspidenraum des RP-Gebäudes gefunden (Abb. 95, 91 bis 93). Im Gesteinsdünnschliff erscheinen die rotbraunen Ziegelsplitter dunkelbraun. Sie haben eine Länge von 5–12 mm (Abb. 90, mikroskopische Aufnahme, Bildbreite ca. 10 mm). Eine weitere Anwendung des *opus signinum* ist an dem Beton des Fußbodens über der Warmluftheizung für



Abb. 91: Apsis mit Brunnen, Putzresten und späterem Einbau der Fußbodenheizung (Erhöhung des Fußbodens um ca. 100 cm, vergl. Abb. 92), Aspidenraum des RP-Gebäudes



Abb. 92:
Detail der Fußbodenheizung (*hypocaustum*) an der Apsis mit Brunnen im RP-Apsidensaal (vergl. Abb. 91). Rechte Stütze und auflagernde 5 cm dicke Platte aus Kalksinter. Über der Kalksinterplatte ca. 5 cm *opus caementitium* (Römischer Beton)

die Badewanne des *frigidariums* in der Villa mit der Badeanlage zu beobachten, der über großen dünnen Kalksinter- und Ziegelplatten die Tragfestigkeit des Bodens in Höhe der Badewanne bedeutend erhöht hat (Titelbild und Abb. 93).

In einigen Räumen des RP-Gebäudes und in einigen Atriumhäusern sind Fußböden und Estriche, z. T. mit einem Belag von Ziegelplättchen im Fischgrätenmuster verlegt, die als *opus spicatum* bezeichnet wurden (LAMPRECHT 1984).

Besonders interessant sind nun die Gussmauerwerke *opus caementitium*, die mit Holzbrettern und Balken verschalt wurden, in der gleichen Weise wie auch heute noch Betonmauern und -decken hergestellt werden. Diese Betonart ist im Gelände des Freilichtmuseums bisher einmalig für die Herstellung der Wände eines ca. 6 m x 10 m großen Wasserbeckens als Absetzbecken zur Wiedergewinnung von Brauchwasser oder als Zisterne für tiefer gelegene, bisher nicht ausgegrabene Stadtteile genutzt worden (AA/30 Gebäude, südlich unterhalb des Bades in der großen Villa). Die Betonwände waren verputzt und der Boden mit einem Ziegelsplitt-Estrich abgedichtet. Diese besonders wertvollen Mauern sind leider ohne Abdeckung oder Schutz der Verwitterung ausgesetzt (Abb. 94).

Mehrere Mörtelproben aus dem Gebäudekomplex AA/36A und AA/36 waren sehr porös (Hangbauten südlich der Straße) und enthielten als Zuschlag außer Gesteinsbruchstücken, Schlacken- und Ziegelreste, sowie Holzkohlstückchen (Abb. 89). Der Zusatz von Schlacke und Ziegelsplitt hat eindeutig zur Erhöhung der Festigkeit des Binde-



Abb. 93: Badeanlage, Badewanne mit Fußboden- und Wandbeheizung (Hohlziegel), doppelkonische Säulchen tragen die großen überbrückenden Ziegel und Steinplatten (Kalksinter) der Abdeckung des Heizungsraumes, die zuoberst mit einer *opus caementitium*-Betondecke den Fußboden des Wannenraumes bildet. Säulchen und Steinplatten aus Kalksinter von Peratschitzen (Bez. Völkermarkt), vergl. Titelbild

mittels beigetragen. In allen Proben traten Kalkagglomerate, sog. „Kalkspatzen“ auf, die beim Löschen insbesondere von sehr weich gebranntem Branntkalk entstehen (BÖTTGER, THIEDIG & KNÖFEL 2002). Die relativ hohen Festigkeiten sind auf die Verwendung von Kalken mit hydraulischen Anteilen oder Zusatz von Puzzolan (Trass, vulkanischen Aschen), Ziegelsplitt oder latent hydraulischer Stoffe zurückzuführen. Die Festigkeit des untersuchten *opus caementitium* erreicht mit 12 N/mm² Werte, die den Ansprüchen der DIN 1045 für Beton B1 der Festigkeitsklasse B5 genügen und knapp die Festigkeitsklasse 10 verfehlen (freundliche Mitteilung Dr. Ing. Böttger, Universität Siegen).

Für uns überraschend haben die Ergebnisse erbracht, dass der römische Beton auf dem Magdalensberg diesen heutigen Vorschriften genügt, und dass durch Ziegelmehl und -splitt, vulkanisches Material der Magdalensberg-Folge und möglicherweise uns noch unbekannte Zusätze eine hydraulische Komponente entwickelt wurde. Diese Calciumsilikathydratphasen (CSH-Phasen) beeinflussen die Härte und Wasserundurchlässigkeit des Betons.

Die vollständigen Ergebnisse der Untersuchungen mit den ermittelten Werten für Dichte, Porosität, Längenänderung beim Quellen und Schwinden u. a. Parameter haben wir bereits an anderer Stelle publiziert (BÖTTGER et al. 2002).

Erfindung von „Stahlbeton“

Das während der augusteischen Bauphase (II) errichtete RP-Gebäude wurde in der darauf folgenden spätaugusteischen-frühtiberischen Phase (III) umgebaut und der Apsidenraum mit einer Hypokaustenheizung versehen, wobei der Fußboden um ca. 1 m erhöht werden musste. Bei der Abdeckung des Warmluftkanales um die Brunnenfassung und bei dem zuführenden Heizungskanal dicht daneben wurden relativ große, aber nur wenige Zentimeter dünne Kalktuffplatten verlegt, die mit *opus caementitium* verfestigt wurden. Das gleiche Verfahren ist auch bei der großen Badewanne im Badebezirk angewendet worden, der ebenfalls in der Bauphase III errichtet wurde.

Besonders interessant ist nun aber, dass bei dem oben bereits geschilderten späteren Einbau der Fußboden-Warmluftheizung Eisenstäbe aus *ferrum Noricum* (Stahl) bei der Herstellung der Abdeckung verwendet wurden (EGGER 1949, PRASCHNIKER 1949).

Auf der originalen Handzeichnung vom 9. August 1949 hat EGGER (1949) auf einer Länge von etwas mehr als 2 m über dem 1,06 m breiten Heizungskanal insgesamt 13 fla-

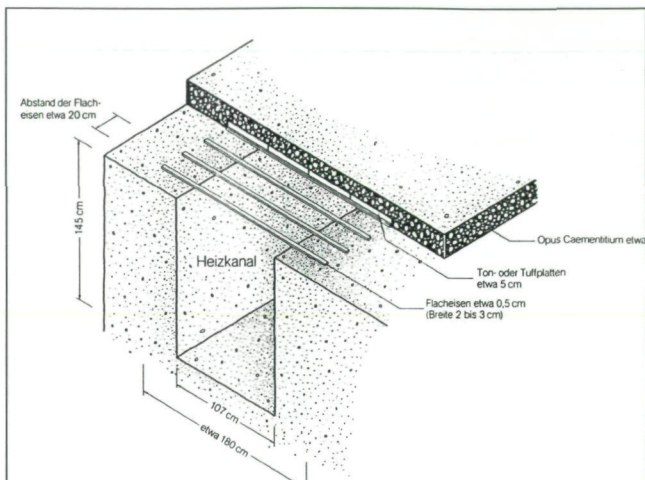


Abb. 94:
Gussmauerwerk (*opus caementitium*) eines Wasserbeckens (Zisterne oder Absetzbecken?) auf der Südseite der Badeanlage, Gebäude AA/30. Länge der Mauer 9 m, Gesamtgröße des Wasserbeckens ca. 6 (5,5) m x 9 m, rezente Mauerhöhe ca. 120 cm, Beckengröße ca. 50 m²



Abb. 95: Heizungskanal für den Apsidensaal A des RP-Gebäudes (Nordwand). Kanal war mit Stahlstäben, Ton- oder Kalksinterplatten und 16 cm Beton (*opus caementitium*) abgedeckt. Nachweislich der erste „Stahlbetonbau“ in der Antike (EGGER 1949, LAMPRECHT 1993), vergl. Rekonstruktion Abb. 96

Abb. 96:
 Rekonstruktion der erstmaligen Verwendung von Stahlstäben zusammen mit Römischen Mörtel (Beton, vergl. Abb. 92 und 95), aus LAMPRECHT (1993). In der Originalzeichnung von EGGER (1949) beträgt die Dicke der flachen Stahlstäbe nicht 0,5 cm sondern etwa 2 cm



che Eisenstäbe eingetragen. Sie überbrückten in Abständen zwischen 0,14 und 0,38 m den Heizungskanal, auf denen die etwa 5 cm dünnen Kalktuffplatten auflagen und gemeinsam von einer ca. 16 cm dicken „Beton-schicht“ (*opus caementitium*) überdeckt waren. Die Größenmaße der Eisenstäbe sind leider weder auf dem Tagesprotokoll bei EGGER (1949) noch bei PRASCHNIKER (1949) zahlenmäßig angegeben. Die Flacheisen aus Naturstahl waren nach der Rekonstruktion von LAMPRECHT (1993) ca. 1,80 m lang, etwa 5 mm dick und 2-3 cm breit. Aus der maßstabsgerechten Handzeichnung von EGGER (1949) ergibt sich allerdings eine Dicke von ca. 2 cm statt der 5 mm bei der Rekonstruktion von LAMPRECHT (1993) (Abb. 95 und 96). Von diesen Stahlträgern ist leider nichts erhalten.

Dies ist der älteste Nachweis (etwa 15 n. Chr.) des Einsatzes von Stahl im Zusammenhang mit einer Betondecke. An diesem Haupthandelsplatz des *ferrum Noricum* gab es reichlich Eisenprodukte, so dass man leicht auf den Einfall kommen konnte, Eisenteile zur Abstützung der Kalksinter-

Abb. 97:
 Putzreste an der Außenmauer des Gebäudes SH/8, mehrschichtig, Grobsand bis Feinkies-Anteil in der unterliegenden Putzschicht, die oberste glatte Schicht ist mit Feinsand ausgeführt. Bildbreite ca. 30 cm



platten über den ca. 1 m breiten Heizungskanal zu verwenden. Ob die Flacheisen nun reichlich vorhandenes Rohmaterial darstellte oder Abfall war oder gar speziell für diese Verwendung hergestellt wurde, kann man wohl nicht mehr klären. Bisher ist dieser „Stahlbetonbau“ auf dem Magdalensberg einmalig. In Köln entdeckte man in einem Wasserbecken aus der Mitte des 1. Jahrhunderts ebenfalls Eiseneinlagen. In Rom wurden erst 100 Jahre später unter Trajan netzartig geflochtene Eiseneinlagen im *opus caementitium* verwendet (LAMPRECHT 1993).

Putz

An zahlreichen Gebäuden aller Bereiche sind Reste von verputzten Außen- und Innenwänden erhalten geblieben. Vermutlich sind alle sichtbaren Außenwände der Mauern verputzt worden, sofern sie nicht mit Marmor verkleidet wurden, was in der Bergstadt die Ausnahme bildete. Die Putze sind üblicherweise mehrschichtig aufgetragen worden, wie dies auch bei VITRUV beschrieben worden ist. Wir haben in einigen Dünnschliffen mehrschichtige Putze gefunden (Abb. 47, 97), wobei die äußerste Schicht, besonders wenn die Wände bemalt waren, feinstes zerstoßenes Marmormehl enthielt. In besonderen Räumen wurden auf den nassen Putz Farben aufgetragen (Abb. 98). Von diesen Wandmalereien sind zahlreiche Bruchstücke im Wandmalereimuseum (OR/38) und Raum K des RP-Hauses erhalten (Abb. 47, 90).

Brantkalk

Durch die Entdeckung von kopfgroßen, schalig verwitternden, schneeweißen rundlichen Blöcken auf dem Lagerplatz (Bausteindepot) des Ausgrabungsgeländes, die wir als Brantkalk ansprachen, kamen wir auf die Idee, der Frage nach der Herkunft dieses Material nachzugehen (Abb. 100).

Durch einen zufälligen Fund eines Mikrofossils (Diploporen-Rest von *Diplopora annulata* aus dem Anisium,



Abb. 98:
Wandverputz mit Resten von farbiger Wandmalerei (vermutlich umlaufender Fries) im Vorraum des RP-Gebäudes (Vitrinen mit Glasgefäßen und der Quarzkristall-Sammlung).

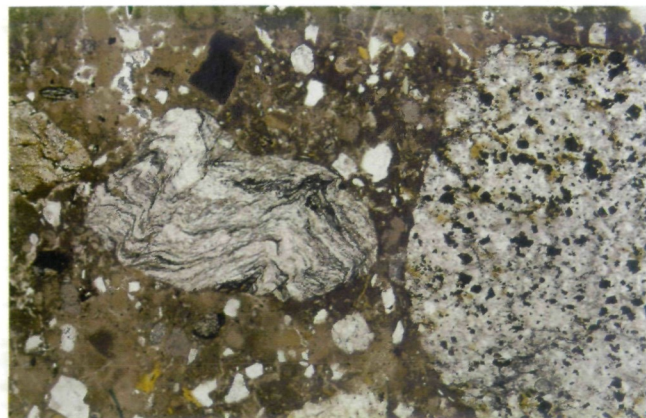


Abb. 99:
Gesteinsdünnschliff von Zuschlagstoffen im Römischen Beton (*opus caementitium*). Mörtelbruchstück aus den Mauern des AA-Hauses 36, links eiszeitliches Glimmerschiefer-Kiesgeröll mit 5 mm Durchmesser, rechts Gneisgeröllchen. Bildbreite ca. 1 cm



Abb. 100:
Zerfallende Bruchstücke eines
dolomitischen Branntkalkes (ver-
mutlich Fehlbrand) aus dem inneren
Mauerwerk der AA/35/36-Häuser.
Fundort: Bruchsteindepot östlich
des Doppelttores (1997).

freundliche Bestimmung durch Herrn Prof. Dr. Kaever, Westfälische Wilhelms-Universität Münster) in einem schwach gebrannten Kalk eines gerade ausgegrabenen Mauerrestes im Gebäudekomplex AA/36 konnten wir unsere Suche sehr bald auf die uns in der weiteren Umgebung des Magdalensberges bekannten Triaskalke (WOLTER et al. 1982, KAHLER 1962) beschränken. Als nächst gelegene Vorkommen kamen vor allem die mitteltriasischen Kalke nördlich vom Magdalensberg bei Launsdorf in Frage.

Bei Kartierungsarbeiten 1996 (AMBERGE 1997, DITGES 1997, AMBERGE & DITGES 1997) im Gebiet östlich des Magdalensberges fanden wir zufällig auf dem alten Zufahrtsweg zum vlg. Oberlaboner (aufgelassenes Gehöft westlich des Steinbruchkogels, vom Magdalensberg ca. 3 km Luftlinie entfernt) kleinere Stücke gebrannten Kalkes, die denen aus den Mauern des Gebäudes AA/36 äußerst ähnlich waren. Wir entdeckten dann westlich vlg. Oberlaboner einen kleinen, bisher übersehenen alten Steinbruch, mit einem sehr dichten graubraunen chemisch sehr reinen Kalk, wie er im Krappfeld in den ladinisch-karnischen Raibler Schichten auftritt. Von diesem kleinen Steinbruch stammen vermutlich die reinen Kalke, die für die Herstellung von Branntkalk für den *opus caementitium* und Mörtel benötigt wurden. Es stellte sich in den Ergebnissen der chemischen Analysen (dankenswerterweise durch die Wietersdorfer-Peggauer Zementwerke in Wietersdorf durchgeführt) heraus, dass die als „Fehlbrände“ angesehenen weißen Stücke aus dem Mauerwerk und vom Mauersteindepot ehemals gebrannte Trias-Dolomite waren, wie sie in dem Vorkommen östlich vlg. Oberlaboner anstehen und vermutlich wegen ihrer geringen Qualität weggeworfen worden sind.

In der Nähe des aufgelassenen Gehöftes vlg. Oberlaboner, in der Nähe einer schon von RIEHL-HERWIRSCH (1965) mit kreisförmigen Mauerresten erwähnten Stelle, fanden wir einen mit Gesteinsglas überzogenen entfärbten Sandsteinbrocken des Permoskyth, vermutlich ein Wandstück eines Kalkbrennofens mit Schlackenresten. Herrn Prof. Dr. G. Wagner und seiner Frau Dr. I. Wagner an der Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften am Max-Planck-Institut für Kernphysik verdanken wir das Ergebnis eines Thermoluminiszenz-Echtheitstestes an diesem Fundstück. Leider konnten wegen zu geringer Probenmengen nur zwei TL-Datumsbereiche ermittelt werden, die eine mittelalterliche Entstehung der Glashaut wahrscheinlich machen. Damit ist aber eine Nutzung des Kalkvorkommens, das sich nur in 3 km Entfernung (Luftlinie) vom Magdalensberg befindet, in römischer Zeit nicht ausgeschlossen. Falls die Römer ihren Kalk an dieser Stelle gebrochen und gebrannt haben, muss man eine sehr intensive und detaillierte Durchsuchung des Geländes durch erfahrene Geognosten voraussetzen.

Zusammenfassende Betrachtung über die Bausteine

Es werden Ergebnisse über eine Untersuchung der Zusammensetzung und der Herkunft des Baumaterials der römischen Bergstadt auf dem Magdalensberg in Kärnten vorgelegt. Die ursprünglich keltische Siedlung haben die Römer friedlich in der Zeit von 15 v. Chr. bis 45 n. Chr. okkupiert und die Bergstadt auf dem Magdalensberg aufgebaut. Sie waren besonders am Handel mit den von den Kelten in 25 km entfernt abgebauten Eisenerzen und daraus gewonnenen Stahl interessiert.

Hauptbestandteil der Mauern sind örtlich anstehende oberordovizische Vulkanite der Magdalensberg-Folge, die zu 95 % das Baumaterial ausmachen. Daneben sind Marmore für Treppen und Fassaden sowie für zahlreiche Bild- und Inschriftensteine verwendet worden, die aus verschiedenen 7 km bis 50 km entfernten Marmorsteinbrüchen stammen. Insgesamt schätzen wir die Zahl der im bisherigen Grabungsgelände vorhandenen Mauersteine auf über 500.000 Stück.

Besonders auffällig ist außerdem die Verwendung von Kalksintern für Hausfundamente, Mauerecken, Torbögen und bei der Warmluftheizung (Hypokausten). Dieses Material stammt aus kleinen Steinbrüchen südlich der Drau bei Peratschitzen (ca. 33 km Luftlinie entfernt). In der Nähe von Peratschitzen befand sich eine Furt durch die Drau an der Römerstraße zwischen *Virunum* und *Iuenna* (Globasnitz).

Die Entdeckung von mittelalterlichen Kalkbrennöfen an einem relativ kleinen Kalkvorkommen in 3 km Entfernung von der keltisch-römischen Bergstadt auf dem Magdalensberg schließt nicht aus, dass an derselben Stelle auch römerzeitlich Kalk gebrannt wurde. Der aus dem gebrannten Kalk und verschiedenen Beimengungen wie Ziegelsplitt hergestellte „Zement“ besitzt hydraulische Komponenten (Calciumsilikathydrat-Phasen), die maßgeblich die Härte und Wasserundurchlässigkeit des *opus caementitium* des römischen Betons bestimmen. Seine technischen Daten entsprechen heutigen DIN-Vorschriften. In Wandverputzstücken konnte zermahlener Marmor als Untergrund von Wandmalereien gemäß den Vorschriften von VITRUV bestätigt werden.

An einer Hypokausten-Heizungsanlage im Apsidenraum des RP-Gebäudes hat EGGER (1949) die erstmalige Verwendung von Eisenträgern im Beton („Stahlbeton“) entdeckt (PRASCHNIKER 1949).

Bemerkungen zum Klima in der Römerzeit

Es gibt einige Anzeichen, dass es während der Blütezeit der Stadt vor ca. 2000 Jahren in den Alpen wärmer war als heute. Dies bedeutet, dass die Verdunstung höher war und damit mit mehr Niederschlägen im Vergleich zu heute zu rechnen ist. Das wärmere Klima in den Ostalpen ist durch die Datierung z. B. eines 150-jährigen Lärchenstam-

mes für die Zeit um 200 n. Chr. mit 56 cm Durchmesser belegt, der in ca. 2000 m Seehöhe beim Bau der oberen Staumauer des Mooserboden Stausees (Kaprun) aus einer Rutschung geborgen wurde (eine Baumscheibe ist im Museum an der Staumauer ausgestellt). Auch die Untersuchungen an Bohrkernen am Stappitzer See bei Mallnitz weisen eine längere warme Periode vor dem Klima-Pessimum der Völkerwanderung auf (FRITZ & UČIK 2001), die sich mit der Zeit der Römischen Okkupation deckt.

Noch heute gibt es in Kärnten zahlreiche Orte oder Flurnamen mit der Bezeichnung „Weinberg“ in den Bezirken St. Veit, Völkermarkt und Wolfsberg (PASCHINGER 1979), die allerdings mittelalterlichen Ursprungs sind. Wir wissen aber nicht, ob es sich bei dem mittelalterlichen Weinanbau um einen tradierten, überlieferten Anbau von Wein aus römischen Zeiten handelt. Auf jeden Fall gab es in Kärnten in geschichtlicher Zeit wärmere Klimaperioden als heute. Wenn wir von den heutigen Verhältnissen ausgehen zeigt sich, dass sich die Niederschlagsmengen bei den Messdaten der Jahre 1950–1965 im Vergleich zu denen von 1981–1990 die durchschnittliche Niederschlagsmenge von 942 mm/a auf 831 mm/a verringert hat. Ein Niederschlagsmaximum gibt es im August mit 122 mm/a, ein Minimum im Januar mit 22 mm/a, wobei die am Klagenfurter Flughafen gemessenen Werte geringfügig kleiner sind als am Magdalensberg. Die maximalen Tagesniederschläge schwanken erheblich (1956: 48,3 mm, 1958: 72,2 mm). Wegen der Temperaturinversion liegen die Temperaturwerte im Klagenfurter Becken etwas niedriger als am Magdalensberg in 925 m Seehöhe. Insgesamt liegen die Temperaturwerte am Magdalensberg um 1–2° C höher als der Durchschnittswert für die gleiche Seehöhe im übrigen Österreich.

Hydrogeologische Beobachtungen und Überlegungen zur Wasserversorgung auf dem Magdalensberg in römischer Zeit

Immer wieder wird die Frage nach den Gründen gestellt, die die Römer veranlasst haben könnten, die Stadt auf dem Magdalensberg aufzugeben. Als einer der Ursachen wird die Klima abhängige schwierige Wasserversorgung auf dem Gipfel des Magdalensberges angeführt. Vier der Diplomandinnen (WERNER 1995, WIESE 1995, ASCHWER & ZIERENBERG 1997) haben sich mit hydrogeologischen Beobachtungen und Messungen beschäftigt.

Bei unseren hydrogeologischen Betrachtungen gehen wir davon aus, dass die Niederschläge vor 2000 Jahren ähnlich, wahrscheinlich sogar etwas höher lagen als heute. Die Lage der Quellen, ihre Schüttungsmengen und die chemischen Zusammensetzungen der Wässer werden sich seit der Römerzeit relativ ähnlich verhalten haben. Unwesentliche Verlagerungen der Quellen können durch den Schutt der zerfallenen Gebäude entstanden sein.

Erste Gedanken über den Wasserhaushalt der keltisch-römischen Bergstadt auf dem Magdalensberg machte sich DOLENZ (1960), der die ausgegrabenen Teile einer Wasserversorgung mittels Holz- und Bleileitungen beschreibt. Wertvolle Kenntnisse zu den Fragen des Wasserhaushaltes hat STEINHÄUSER (1967) beigetragen.

Neue hydrogeologische Daten, in erster Linie leider überwiegend chemische Wasseranalysen, liegen in den Examensarbeiten von AMBERGE & DITGES (1997), WERNER (1996) und WIESE (1996) vor. Untersucht wurden 27 Quellen, wovon fünf außerhalb des Magdalensberges liegen. Von besonderem Interesse sind die Quellen südlich vlg. Oberpfandler (Trunk 1–4), Wernig (5–8) in der großen Talmulde südwestlich des Ausgrabungsgeländes (12), Bürger u. Ouschan (13 u. 14) südöstlich des alten Stadtzentrums, die Quelle nördlich des Ausgrabungsgeländes (Nr. 21), sowie mehrere Quellen am Nordabhang des Magdalensberges östlich des Rainkogels und bei vlg. Mirtlbauer (W 1–6). Die bei DOLENZ (1960) in einer Kartenskizze eingetragenen Quelle im Norden bei 920 m ü. NN und eine weitere Quelle nordöstlich des Gipfels ebenfalls in 920 m ü. NN wurden nicht untersucht. Eine früher im Osten des Gipfelbereiches austretende Quelle in etwa 1010 m Höhe war vor längerer Zeit verschüttet worden, weil angeblich das Vieh nach dem Genuss des Wassers erkrankte (DOLENZ 1960).

Alle Quellen stammen vornehmlich aus dem Verwitterungsschutt der vulkanischen Meta-Tuffe und den eiszeitlichen Ablagerungen. Es handelt sich vor allem um oberflächennahe Niederschlagswässer, die durch jahreszeitlich schwankende Schüttungsmengen, Temperaturen und Leitfähigkeiten charakterisiert sind. Die häufig nur dünne Überdeckung der in geringer Tiefe anstehenden Felsen mit Verwitterungs-Hangschutt besitzt nur kleine Speicherkapazitäten. Das Einzugsgebiet des Gipfelbereiches des Magdalensberges über der Niveauhöhe des Forums ist kleiner als ein km², von dem man nur eine geringe Wasserspende erwarten kann.

Von den wichtigen Quellen am Südabhang des Magdalensberges 1 bis 8 und 21 (Abb. 101) liegt lediglich eine Messung der Schüttungsmenge der Quelle oberhalb der Ausgrabungen (21) vor, die im Schnitt 0,15 Liter/s spendet, das sind ca. 12,9 m³ Tag (ca. 4 000 m³ pro Jahr). Dieser Wert ist mit den Angaben von STEINHÄUSER (1967) identisch und ist wohl von ihm übernommen worden. Es war offensichtlich trotz großer Bemühungen nicht möglich, neue Schüttungsdaten aus den gefassten und sehr schwierig zugänglichen privaten Quellen zu gewinnen.

Die Qualität des Wassers entspricht den trinkwasserrechtlichen Verordnungen für Österreich. Einzelne Quellen zeigen heute allerdings deutlich anthropogenen Einfluss (Sickerwässer, landwirtschaftliche Düngung) durch schwankende Natrium-, Kalium-, Magnesium-, Sulfat- und Chlorid-Werte. Die für die alte Stadt wichtige, auch heute

noch für den Gasthof Skorianz und die Ausgrabungen genutzte Quelle 21 oberhalb des Freilichtmuseums, mit einer Wasserspense von ca. 0,15 Liter/sec, erreicht 15 °C Wassertemperatur und versiegt in trockenen und heißen Sommern. Sie ist heute die einzige Quelle, die oberhalb des Ausgrabungsgeländes liegt (Forum Niveau ca. 925 m). Die Quellen Trunk 1–4, die etwa 400 m westlich vgl. Oberpfandler existieren, treten in einer Seehöhe zwischen 840 und 870 m aus. Die Quelle nördlich vgl. Unterpfandler (H. Skorianz) in ca. 860 m Seehöhe zeigt ebenfalls stärkere Schwankungen in den Temperaturwerten und in der Schüttungsmenge. Bei der chemischen Zusammensetzung der Quellwässer dominieren Hydrogenkarbonat sowie Calcium und Magnesium, die hauptsächlich aus dem Karbonatgehalt der Meta-Tuffe/Tuffite, aber auch aus dem Moränenmaterial stammen. Ein Teil des Calciums lässt sich auch aus der Verwitterung der Feldspäte in den Meta-Vulkaniten ableiten.

Wasserbedarf und Wasseraufkommen in Alt-Virunum

Die Wasserversorgung der Stadt auf dem Magdalensberg ist schwierig zu beurteilen. Wenn man von den heute bekannten niedrigsten Werten einer ländlichen Bevölkerung in einem Entwicklungsland mit einem täglichen Pro-Kopf-Verbrauch von 30 Litern ausgeht (HÖLTING 1992), kann man zunächst überlegen, ob die keltischen und römischen Einwohner vielleicht sogar mit noch weniger Wasser ausgekommen sind. Außerdem wurde eine nicht unbeträchtliche Wassermenge für die Herstellung von Mörtel usw., für kleine Gewerbebetriebe und sicherlich auch Pferde und andere Haustiere und die Badeanlage benötigt, die den durchschnittlichen Pro-Kopf-Verbrauch erhöht hat. Bei einem durchschnittlichen Mindestbedarf von 20 Liter/Tag benötigt eine maximale Bevölkerung von ca. 3000 Menschen (angenommene Schätzung der Einwohnerzahl während der Blütezeit der Stadt, PICCOTINI 1996) pro Tag ca. 60 m³ Wasser.

AMBERGE & DITGES (1997) gehen von einem noch geringeren Pro-Kopf-Verbrauch von einem Zehntel aus, das sind 12 Liter des heutigen durchschnittlichen Tages-Wasserverbrauchs von 120 Liter pro Kopf und Tag. Wenn man weiter von einer bisher 23.000 m² (2,3 ha) großen derzeit ausgegrabenen Stadtfläche ausgeht, von denen schätzungsweise ca. 16.000 m² bebaut sind, fällt auf diese Fläche ca. 11.500 m² Niederschlag, der bei vollständiger Nutzung für etwa 2600 Menschen reichen würde, was aber natürlich nicht der Fall ist. Die Quelle oberhalb der Ausgrabungen (Niveau des Forums) würde bei 0,15 l/s mit ihrer Wasserspense im Jahr für etwa 1100 Menschen reichen. Das bedeutet, dass rein theoretisch die Wassermengen bei den bescheidenen Ansprüchen ausreichen könnten. Nun kann man davon ausgehen, dass die Fläche auf der die maximal geschätzten 3000 Menschen gelebt haben, beträchtlich

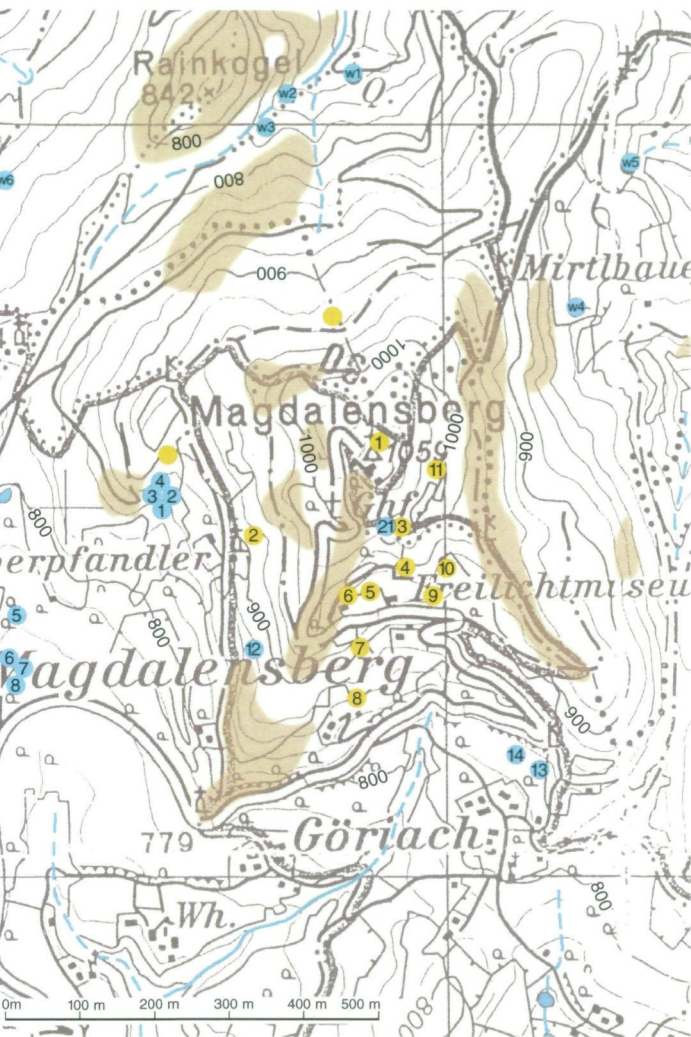


Abb. 101:
 Kartenskizze vom Magdalensberg mit
 Quellgebieten

Bemerkungen zur hydrogeologischen Karte

Die hydrogeologische Karte des Magdalensbergs umfasst den Gipfelbereich und die nahe Umgebung mit einer Grundflächengröße von etwa 10 km². Es sind alle Quellen und Zisternen eingetragen, die in den Arbeiten von DOLENZ (1960) und AMBERGE & DITGES (1996) Erwähnung fanden. Die Quellbezeichnungen bei AMBERGE & DITGES (1996) sind mit blauen Punkten, die von DOLENZ (1960) eingetragenen Quellen und Zisternen mit orange gefärbten Punkten dargestellt.

stellt. Bis auf zwei Quellen bei DOLENZ (1960) ohne Nummerierung nördlich und westlich des Gipfels tragen alle Punkte die Nummern der Originalarbeiten. Bei AMBERGE & DITGES (1996) liegen einige fehlende Nummern außerhalb des hier ausgewählten Bereiches.

Perennierende Wasserläufe sind durchgehend blau, während periodisch auftretende Fließgewässer blau gestrichelt sind (z. B. der Weißenbach am SE-Rand der Karte mit zwei kleinen aufgestauten Teichen). Bereiche mit geringen Verwitterungs- und Hangschuttedecken sind mit einem bräunlichen Überdruck gekennzeichnet.

Im Einzelnen bedeuten die Ziffern bei DOLENZ (1960): 1: Zisterne antiken Ursprungs auf dem Gipfel, 2: Brunnenstube beim vlg. Oberpfandler, hier hat vermutlich in antiker Zeit eine große Quelfassung bestanden, 3: kleine Quelle unterhalb des Gipfels, 4: derzeit stärkste Quelle auf dem Südhang oberhalb der Ausgrabungen, 5: ein 4,5 m tiefer Zisternenschacht im Praeterium, 6: kleine Quelle aus den anstehenden Felsen (vulkanische Tuffe) westlich des Repräsentationshauses, 7: kleine Quelle bei vlg. Gradischnig, 8: bei vlg. Marx eine kleine Quelle mit altertümlicher Quelfassung, 9: östlich des Forums eine drei Meter tiefe brunnenschachtartige Anlage, 10: eine verschüttete Quelle, die am Fuß einer Schutthalde austritt und 11: eine Quelle; die östlich unterhalb des Gipfels austrat und die wegen angeblicher Erkrankungen des weidenden Viehs zugeschüttet wurde.

Bei AMBERGE & DITGES (1996) tragen die Quellen 1 bis 4 den Namen Trunk, 5 bis 8 gehören zu vlg. Wernig, wobei 8 die jüngste Quelfassung darstellt. 9 und 10 liegen außerhalb des Kartenausschnitts bei Gurtsch und Jelle, SW Wernig nahe der Magdalensbergstraße, 11 nördlich Eixendorf, ebenfalls außerhalb der Karte, 12 gehört zu vlg. Unterpfandler (H. Skorjanz), 13 zu Göriach (vlg. Bürger) 14 zu Göriach (vlg. Ouschan), 15-20 liegen westlich Pischeldorf außerhalb der Karte, 21 die Quelle oberhalb der Ausgrabungen ist identisch mit der Nr. 3 bei DOLENZ (1960).

größer war, als das heute freigelegte Gelände der Stadt aufweist. Damit konnte insgesamt auch mehr Zisternenwasser aufgefangen werden. Es gab aber genügend weiter entfernte, tieferliegende Quellen, die genutzt werden konnten, deren Wasser allerdings täglich in die Häuser hinauf transportiert werden musste. Bei großzügiger Abwägung kann man zu der Auffassung kommen, dass das Wasser auch für 3000 Menschen gereicht haben mag, aber die Qualität des Zisternenwassers doch nie die Güte des Quellwassers erreicht hat, wie z. B. in der Umgebung von Virunum.

Im Zentrum der Stadt auf dem Magdalensberg sind bisher drei bis zu 12 m Länge erhaltene Wasserleitungen bekannt, eine führt zum Kultbecken, das von zwei Wasserbehältern mit je 3 m² Volumen oberhalb des RP-Hauses gespeist und ins Innere des RP-Hauses (Apsiden-Raum) geleitet wurde. Die anderen Leitungen führen zur Badeanlage und in das Wohn- und Werkstättenviertel. Anfangs waren hölzerne Rohre verlegt worden, in die später Bleirohre verlegt wurden (STEINHÄUSER 1967). Da uns heute nur eine einzige Quelle oberhalb des Stadtzentrums (RP-Haus, Praetorium, Forum und Tempel) bekannt ist, müssen wir davon ausgehen, dass die Rohrleitungen hauptsächlich von dieser wichtigen Quelle ca. 50 Höhenmeter oberhalb des heutigen Ausgrabungsgeländes gespeist wurden. Außerdem sind in der Stadt bisher mehrere Zisternen oder Wasserspeicher bekannt, wie z. B. das Becken südlich der Badeanlage, in der NW-Ecke des Praetoriums und auf dem Gipfel nördöstlich der Kirche. Kleinere Wassermengen sind aus hauseigenen z. T. mehrere Meter tiefen Brunnen z. T. mit Holzverschalung, vielleicht zusammen mit Zisternenwasser gewonnen worden. Nun gibt es einige weitere Quellen auf dem Südwest-, Südost- und Nordhang, die insgesamt den Bedarf decken konnten, die aber aus Entfernungen von 200 m bis 1000 m bei Höhenunterschieden von 70 m bis über 200 m zur Stadt hinauf gebracht werden mussten. Insgesamt ergaben diese Maßnahmen aber dennoch ausreichende Wassermengen für die alte Stadt. So mögen politische und ökonomische Gründe neben der geringen Wasserqualität und dem beschwerlichen Zugang zur Stadt auf dem Magdalensberg für die Gründung einer neuen Stadt in der Ebene des Zollfeldes eine Rolle gespielt haben.

Wenig ist über den Verbleib der Abfälle und vor allem der Abwässer bekannt. Von anderen Städten des römischen Reiches kennt man sogar marmorne Toilettenanlagen mit einer Kanalisation (*cloaca maxima*), wo man gemächlich ziemlich dicht nebeneinander sitzend und schwätzend seine „Geschäfte“ erledigte. Im Gegensatz dazu sind auf dem Magdalensberg einige Plätze bei den Ausgrabungen als Abfallgruben und quasi als Latrinen mit Sickergruben erkannt worden, so z. B. an der Südwand der Küche der Villa mit der Badeanlage (Gebäude AA/18). Wegen der

vielen übereinander liegenden Terrassenbauten wird es vermutlich etliche kleinere Toilettenanlagen gegeben haben, die über das Stadtgebiet verteilt waren. Da es weder damals noch heute eine Kanalisation mit einer *cloaca maxima* auf dem Magdalensberg gab bzw. gibt, hat sich der Inhalt der Sickergruben in der selben dünnen Schuttbedeckung verteilt, in der man nach Frischwasserquellen gesucht hat. Gerade in warmen Jahreszeiten mit geringen Niederschlägen mögen auch unangenehme Gerüche die Bewohner belästigt haben. Diese mangelhaften hygienischen Bedingungen könnten auch ein nicht unwichtiges Argument für die Aufgabe der Stadt gewesen sein.

Im Gegensatz dazu lieferte der hohe Grundwasserstand in den Schottern des Glantales und der eiszeitlichen Ablagerungen auf den Verebnungen oberhalb der neuen Stadt *Virunum* reichliche Quellwasserangebote und zusätzliche Brunnen in der Talebene des Zollfeldes.

Römisches Wegenetz in der Umgebung des Magdalensberges

Über das römische Wegenetz in Kärnten (Abb. 3). gibt es zahlreiche Hinweise, wie römische Meilensteine und die *Tabula Peutingeriana* und Darstellungen von LEBER (1976), PICCOTTINI (1989), Archäologischer Atlas, Karte 7 (WINKLER 1985), die z. T. auf Feldbeobachtungen fußen. Für die Stadt auf dem Magdalensberg mit ihrem bedeutenden Handel waren natürlich die Fernstraßen, wie die nach *Aquileia* als Adriahafen, aber auch in die anderen Teile der Provinz Noricum und der benachbarten Provinzen, äußerst wichtig. Dennoch muss es weitere Straßen und Wege niedrigeren Ranges geben haben, die das nördlich gelegene Eisen-Verhüttungszentrum im Görtscitztal mit der Bergstadt verbunden haben. Als wichtigste Verbindungswege zwischen beiden Orten werden einmal die Strecke durch das Görtscitztal über Hüttenberg – Mösel – Klein St. Paul – Eberstein – Brückl – St. Martin – St. Sebastian zum Magdalensberg oder von Mösel abweichend über den Schelmlbergsattel – Guttaring – Silbereg – Kappel – St. Klementen – Passering – Pölling – St. Martin zum Magdalensberg möglich gewesen sein. Die Hauptstraßen im Gurktal dagegen verliefen von Süden kommend über den Klagenfurter Raum durch das Zollfeld – St. Donat – Pölling – Raum Treibach (*Matucaium*) – bei Friesach (*Candalicae*) nach Norden (PICCOTTINI 1989).

Die Deutung der wallartigen Formen auf dem Berg Rücken von Vierlinden (N von Mösel) nach Sendlach durch ERTL (1965), als keltische Befestigungen (Noreia), ist mit Sicherheit falsch. Es handelt sich ausschließlich um römerzeitliche und mittelalterliche bis neuzeitliche Hohlwege, die durch den Verkehr zu den Erzausbissen und Rennöfen bei Knappenberg/Sendlach mit eisernen Wagenrädern (Transport von Holzkohle, Erzen und Eisenprodukten) in dem sehr tief-



Abb.102:

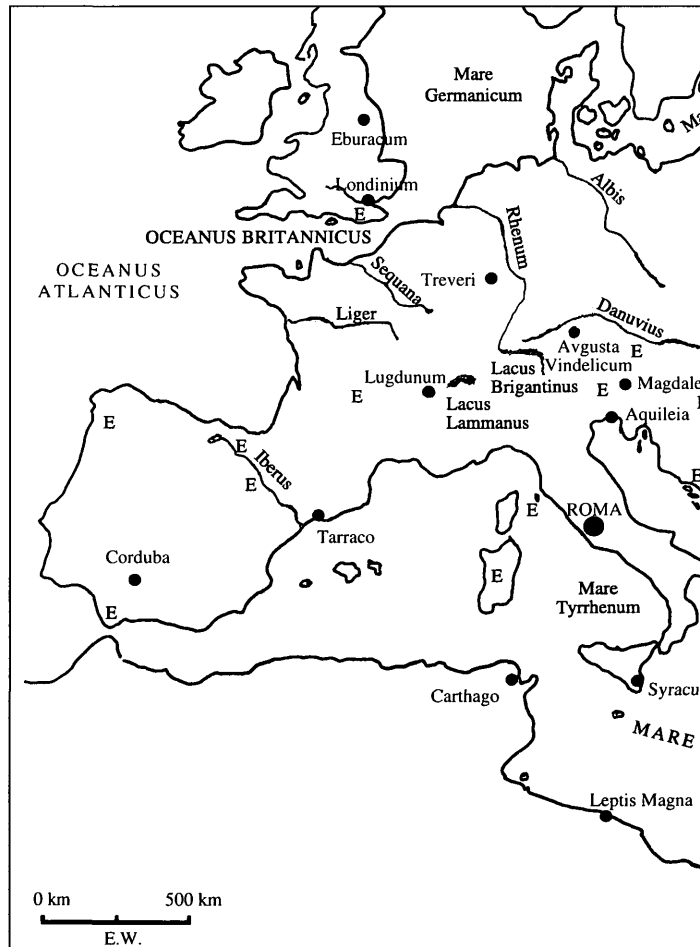
In den anstehenden Fels (vulkanische Tuffe) etwa 4 m eingetiefte Zisterne, Wohn- und Werkstättenbezirk, Gebäude NG/18.

gründigen Verwitterungsschutt phyllitischer Gesteine im Periglazialbereich entstanden sind (THIEDIG et al. 1999).

Eigene Geländebeobachtungen zeigen eine weitere mögliche parallele Variante auf, mit einer Streckenführung von Mösel über den Schelmbertsattel-Guttaring-Silbereg-Passering-Pölling, die den sehr steilen Übergang beim Höhwirt zwischen Guttaring-Althofen umgeht.

Eine bisher nicht näher untersuchte Frage ist die Auffahrt zum Magdalensberg in römischer Zeit. Die sehr gleichmäßige Steigung der erst zwischen 1950 bis 1955 (WADL 1995) angelegten Asphaltstraße von St. Michael im Zollfeld, an Ottmanach vorbei zum Magdalensberg, begünstigt eine Vorstellung des Zugangs von Süden. Es erschließt sich aber im Norden des Magdalensberges ein vermutlich von den Erz- und Eisenzubringern bevorzugter Weg von Pölling (Gurkenge) über St. Martin – St. Sebastian am Nordostfuß des Magdalensbergs, der dessen Gipfelbereich dann östlich oder westlich umfahren werden konnte. Die Fahrtstrecke stellt eine Verkürzung um etwa 10 km gegenüber der Auffahrt vom Zollfeld aus dar. Auf einer der älte-

Abb. 103:
Karte der Eisenerz-Lagerstätten und
-Abbaue im Imperium Romanum



sten erhaltenen detaillierten Kartendarstellungen dieses Raumes, der um 1786 angefertigten sog. Josefinischen Kriegskarte, sind von Norden zwei Wege eingetragen, einer von Kulmitz, eine weiterer von Mairist (Mayerest), die zum Helenenberg führen.

Literatur

- AMBERGE, C. (1997): Geologische Neukartierung des Gebietes Labongraben / Steinbruchkogel (Kärnten/Österreich). – Unpubl. Geol. Kart., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–73, Münster.
- AMBERGE, C. & V. DITGES (1997): Hydrogeologie am Magdalensberg (Kärnten/Österreich) mit einem Beitrag zur keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–212, Münster.
- AMERON, H. W., J. VAN & H. P. SCHÖNLAUB (1992): Pflanzenfossilien aus dem Karbon von Nötsch und der Hochwipfel-Formation der Karnischen Alpen (Österreich). – Jb. GBA., 135.:195–216.
- AMERON, H. W., J. VAN & H. KABON (1999): Neue fossile Floren aus dem Nötscher Karbon (1. Teil). – CARINTHIA II, 189./109.:637–672, Klagenfurt.
- ANDERLE, N. (1977a): Geologische Karte der Republik Österreich, 1: 50 000, Blatt 200 - Arnoldstein. – GBA, mit Erl.:1–59, Wien.



— Meere, Flüsse, Seen
E Eisenerz-Lagerstätten,
-Abbaue und -Verarbeitung

Dank

Dank schulden wir dem ehemaligen Direktor des Landesmuseums für Kärnten, Herrn Univ.-Prof. Dr. Gernot Piccottini und seinen Mitarbeitern für viele Hilfestellungen und den freien Zugang zu den Ausgrabungen und allen Unterlagen.

Mein besonderer Dank gilt all den Diplomanden, die in beispielhafter Teamarbeit den Magdalensberg geologisch neu kartiert haben und mit Detailuntersuchungen im Ausgrabungsgelände (Bestimmung und Auszählung von über 47 000 Werksteinen) und in verschiedenen bis zu 50 km entfernten Steinbrüchen Kärntens mit wichtigen Beobachtungen zu dem heutigen Erkenntnisstand wesentlich beigetragen haben: Carla Amberge, Ute Aschwer, Andreas Beunink, Carsten Dierkes, Vera Ditges, Patricia Göbel, Heike Hagemann, Dirk Kettrup, Christian Lenze, Markus Oehmen, Mareike Weinert, Bettina Werner, Manuela Wiese, Saskia Zierenberg.

Herrn Dipl.-Betriebswirt Torsten Wedemeier, Hamburg, Alsterwerk, danken wir besonders für die professionelle Anfertigung der Abbildung 101 (Hydrogeologie). Ein besonderer Dank gebührt Herrn Leitender Gewerbedirektor a. D., DI. der Metallhüttenkunde Gerhard Laub in Goslar, der uns mit seinem Rat bei den metallurgischen Fragestellungen wertvolle Hilfe leistete. Weiters danken wir Herr DI. Mag. Klemens Einspieler, Salzburg, vormalig TU Graz, für seine umfangreichen detaillierten Berechnungen über das Volumen der Mauern, den Umfang der Marmorverkleidungen und den Verbrauch von Branntkalk und Mörtel.

Herrn Univ.-Prof. Dr. E. Löhnert, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, danken wir sehr für seine Beratung und Betreuung der Diplomanden, die sich mit den hydrogeologischen Fragen am Magdalensberg beschäftigt haben.

Herr Dr. Norbert Mitsch stellte uns freundlicherweise seine Originalkarte der Dissertation über den Magdalensberg zur Verfügung.

Viele freundliche Hilfe, Unterstützung und Verständnis fanden wir bei den Bauern und in Gasthäusern, besonders bei Familie Skoranz im Bereich des Magdalensberges ebenso in Ämtern und Behörden in den diversen Ortschaften und in Klagenfurt.

- ANDERLE, N. (1977b): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50 000, Blatt 201–210, Villach-Assling. – GBA, Wien.
- ANKERSHOFEN, G. F. v. (1850): Handbuch der Geschichte des Herzogthumes Kärnten vor und unter der Römerherrschaft. 570–571, Klagenfurt.
- APPOLD, T. (1988): Zur Geologie und Tektonik im Friesacher Halbfenster (Kärnten/Österreich). – *Erlanger Geol. Abh.*, 116:1–16, Erlangen.
- APPOLD, T. (1989): Tektonisch-metamorphe Entwicklung der Glimmerschiefergruppe auf Blatt 186, St. Veit/Glan. Arbeitstagung GBA, 1989:14–30, Wien.
- ARBEITSTAGUNG (1989): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1989 Blatt 186, St. Veit an der Glan. – Zusammenstellung T. APPOLD & F. THIEDIG, 1–183, GBA, Wien.
- BÖTTGER, K. G., F. THIEDIG & D. KNÖFEL (2002): Keltisch-römische Mörtel vom Magdalensberg in Kärnten. – *Internat. Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Denkmalpflege*, 8:19–41.
- BEUNINK, A. (1996): Herkunftsbestimmung an Marmoren des Magdalensberges (Kärnten/Österreich) mit Hilfe isotopengeochemischer Untersuchungen. – *Unpubl. Geol. Dipl.-Arb.*, FB Geowiss. Univ. Münster, 1–86, Münster.
- CUNLIFFE, B. (1991): Die Kelten und ihre Geschichte. – 1–224., Gustav Lübbe, Bergisch-Gladbach.
- DIERKES, C. (1996): Geologische Neukartierung der südlichen Umgebung des Magdalensberges und des Rotenkogels (Kärnten/Österreich) mit statistischer Auswertung des Baumaterials der Süd- und Osthangbauten der keltisch-römischen Ausgrabung auf dem Magdalensberg. – *Unpubl. Geol. Dipl.-Kart.*, FB Geowiss. Univ. Münster, 1–67, Münster. In: KÄRNTNER LANDESAUSSTELLUNGSBÜRO (Ed.): Grubenunt & Ofensau. Vom Reichtum der Erde. – Teil II. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten, Beiträge: 90–91, Berg- u. hüttenmänn. Verein f. Kärnten, Klagenfurt.
- DITGES, V. (1997): Geologische Kartierung des Gebietes Labongraben/Steinbruchkogel (Österreich/Kärnten). – *Unpubl. Geol. Dipl.-Kart.*, FB Geowiss. Univ. Münster, 1–98, Münster.
- DOLENZ, H. (1960): Zwei römische Gräberfunde aus dem Jauntale in Kärnten. – *CARINTHIA I*, 150:625–630, Klagenfurt.
- DOLENZ, H. (1996): Eisenverarbeitung auf dem Magdalensberg: 140–167. In: STRAUBE, H. (1996): *Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg*. 1–187, Springer, Wien.
- EGBERT, P. (1909): Die Marmorlagerstätten Kärntens. – *Z. prakt. Geol.*, 17:319–439, Halle/Saale.
- EGGER, R. (1949): Ausgrabung Repräsentationshaus, Magdalensberg 1949, Handzeichnung Blatt 40 vom 09. August 1949 (Darstellung von Eisenstäben in einem Gussbeton). *Unpubl.* (Abbildung siehe PRASCHNIKER 1949).
- EICHHORN, A. (1819): Beiträge zur älteren Geschichte und Topographie des Herzogthums Kärnten, II. Sammlung LIII.
- FEINIG, J. (2001): Die römischzeitlich genutzten Marmorsteinbrüche in Kärnten. – *Dipl.-Arb.*, Geisteswiss. Fak., Univ. Wien, 1–111, Wien.
- FENSTERBUSCH, C. (1991): Vitruv. Zehn Bücher über Architektur (Übersetzung). 1–585, Wiss. Buchges., Darmstadt.
- FISCHER, T. (2002): *Noricum*. – 1–156, Philipp von Zabern, Mainz.
- FLÜGEL, E. & C. FLÜGEL (1997): Applied Microfacies analyses: Provenance studies of Roman mosaic stones. – *Facies* 37:1–48, Erlangen.
- FRITZ, A. & F. H. UCKI (2001): Klimageschichte der Hohen Tauern. Spätwürmezeitliche und postglaziale Klima- und Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern (Ostalpen, Kärnten). Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz. – *Wiss. Mitt.* 2001, Sonderband 3:1–99, Nationalpark Hohe Tauern, Großkirchheim.
- GLASER, F. (1995): Norische Rennöfen im Görtischtal: 273–276. In: KÄRNTNER LANDESAUSSTELLUNGSBÜRO (Ed.) (1995): *Grubenunt & Ofensau. Vom Reichtum der Erde*. – Teil II. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten, Beiträge:1–623, Berg- u. hüttenmänn. Verein f. Kärnten, Klagenfurt.

- GLASER, F. (2000): Antike Eisengewinnung in Noricum: 49–62. – In: FRIESINGER, H., K. PIETA & RAJTAR (ed.): Metallgewinnung und -verarbeitung in der Antike (Schwerpunkt Eisen). Nitra 2000.
- GÖBEL, P. (1996): Geologische Neukartierung des Osthangs des Magdalensberges und des angrenzenden Rotenkogels in Kärnten/Österreich. – Unpubl. Geol. Kart., FB. Geowiss. Univ. Münster: 1–70, Münster.
- GOSEN, W. v., K.-H. HAIGES & F. THIEDIG (1982): Fossilführendes Paläozoikum am Ostrand der Gurktaler Alpen (Steiermark/Kärnten-Österreich). – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 53.:151–168, Hamburg.
- HAIGES, K.-H. (1977): Geologische Neukartierung der östlichsten Gurktaler Alpen, Bereich Kraig/Meiselding (Bez. St. Veit a. d. Glan, Kärnten, Österreich). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Univ. Hamburg, 1–275, Hamburg.
- HAVLICEK, V., J. KRIZ & E. SERPAGLI (1987): Upper Ordovician brachiopod assemblages of the Carnic Alps, Middle Carinthia and Sardinia. – *Bullettino della Società Paleontologica Italiana*, 23.:277–311, Modena.
- HÖFER, H. (1894): Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten. – *Sitzber. Math.-Naturwiss. Cl.*, 103:467–487, Österr. Akad. Wiss., Wien.
- HÖLTING, B. (1992): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. – 4. Aufl., 1–415, Enke, Stuttgart.
- HORAZ: Oden, I.16.9. Epoden. XVII. 71.
- HORSTMANN, D. (1995): Ferrum Noricum. Herstellung und Verarbeitung: 277–280. – In: KÄRNTNER LANDESAUSSTELLUNGSBÜRO (Ed.): Grubenhunt & Offensau. Vom Reichtum der Erde. – Teil II. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten, Beiträge:1–623, Berg- u. hüttenmänn. Verein f. Kärnten, Klagenfurt.
- HUSEN, D. v., (1987): Die Alpen in den Eiszeiten. – In: Aus der geologischen Geschichte Österreichs. GBA, 1–24, Wien.
- JABORNegg-ALTENFELS, M. F. v. (1856): Die Felseninschrift am Steinberge bei St. Georgen im Lavantthale. – *CARINTHIA I*, Bl. 16, 22, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1929): Der römische Steinbruch von Gummern. – *CARINTHIA I*, 119.:161 ff., Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1931): Ausgrabungen am römischen Spitzelofen im Lavanttal. – *CARINTHIA I*, 121.:2–6, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1937): Der römische Steinbruch in Tentschach bei Klagenfurt. – *CARINTHIA I*, 127.:12–14, Klagenfurt.
- JANTSCH, F. (1938): Fundberichte. Tiffen bei Feldkirchen. – *CARINTHIA I*, 128.:115, Klagenfurt.
- JAKSCH, A. (1923): Literaturberichte, 1. Dr. Gudmund Schütte. Der Römersteinbruch am Spitzelofen. – *CARINTHIA I*, 113.:104–105, Klagenfurt.
- KAHLER, F. (1926): Fauna des Kalktuffes von Peratschitzen bei Kühnsdorf. – *CARINTHIA II*, 116./36.:1–2, Klagenfurt.
- KAHLER, F. (1953): Der Bau der Karawanken und des Klagenfurter Beckens. – *CARINTHIA II*, Sonderh.16.:1–78, Klagenfurt.
- KAHLER, F. (1962): Geologische Karte der Umgebung von Klagenfurt. Maßstab 1:50000, Zusammendruck Bl. 202 – Klagenfurt und 203 – Maria Saal 203. – GBA, Wien.
- KAHLER, F. & H. WOLSEGGER (1934): Zur Geologie des Gebietes nördlich von Klagenfurt. – *CARINTHIA II*, 123./43. u. 124./44.:1–13, Klagenfurt.
- KIESLINGER, A., (1953): Übersicht der nutzbaren Gesteine Kärntens. – *CARINTHIA II*, 143./63.:29–34, Klagenfurt.
- KIESLINGER, A. (1956): Die nutzbaren Gesteine Kärntens. – *CARINTHIA II*, Sonderh. 17.:1–348, Klagenfurt.
- KOBAN, G. & G. SCHWEIGERT (1993): Süddeutsche Travertinvorkommen im Vergleich. Stuttgarter Travertine (Mittelpleistozän) und Riedöschinger Travertin (Mittel-Miozän). – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 189.:1771–197, Stuttgart.
- KETTRUP, D. (1998): Geologie des Magdalensberges und Umgebung (Kärnten/Österreich) sowie die Korrelation altalpidischer Vulkanite in den Ostalpen. – *Geol. Dipl.-Arb.*, FB Geowiss. Univ. Münster:1–69, Münster.

Dank schulden wir auch:

Dem Präparator des Geologisch-Paläontologischen Instituts der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster, Herrn Markus Brinkmann verdanke ich eine Reihe von hervorragenden Gesteins-Dünnschliffen zur Bestimmung des Gesteinsmaterials.

Für die Anfertigung mehrerer chemischer Analysen von Kalkproben zu Vergleichszwecken für die Frage der Herkunft des Branntkalkes sind wir Herrn Ferdinand Wankmüller jun. im Chemischen Labor der Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke besonders dankbar.

Schließlich ist der Erstautor dem 1995 im hohen Alter verstorbenen Altmeister der Geologie Kärntens, Herrn Prof. Dr. Franz Kahler, für seine Anregung dankbar, die römisch genutzten Marmorvorkommen in Kärnten vergleichend zu untersuchen. Besonderer Dank gilt seiner fast vier Jahrzehntelangen freundschaftlichen Unterstützung unserer geologischen Forschungen in Kärnten.

- KLEINSCHMIDT, G., M. SEGER & F. THIEDIG (1989): Geologische Karte der Republik Österreich, 1:50000, Blatt 205 - St. Paul im Lavanttal, GBA, Wien.
- KRANZMAYER, E. (1958): Ortsnamenbuch von Kärnten. – Teil II: Alphabetisches Kärntner Siedlungsnamenbuch, 1–260, Geschichtsverein f. Kärnten, Klagenfurt.
- LAMPRECHT, H.-O. (1993): *OPUS CAEMENTITIUM*. Bautechnik der Römer. – 4. Aufl., 1–264, Betonverlag, Düsseldorf.
- LEBER, P. S. (1976): Die römische Glanstraße und deren Fortsetzung bis zum Görtsschitztal und nach Villach (SANTICUM). – In: Aus Kärntens Römischer Vergangenheit, 6.:1–79, Heyn, Klagenfurt.
- LENZE, C. (1997): Geologische Neukartierung des Südwesthanges des Magdalensberges in Kärnten/Österreich. – Unveröff. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss. Univ. Münster, 1–72, Münster.
- LOESCHKE, J. (1989): Die paläotektonische Stellung der Vulkanite der Magdalensberg-Serie (Ober-Ordoviciun, Gurktaler Decke, Kärnten, Österreich). – *CARINTHIA* II, 179/99.:491–507, Klagenfurt.
- MANBY, G. M., F. THIEDIG & I. MILLAR (1987): Textural, Chemical and isotopic constraints on the age of the Saualpe eclogites (Carinthia/Austria): 195–200. In: SASSI, F. P. & R. BOUZZOUVILH (ed.): IGCP Project No 5. Correlation of Prevariscian and Variscian events of the Alpine-Mediterranean mountain belt. – Newsletter 7, Inst. Mineral. Petrology Univ. Padua and Lab. Geologie-Sedimentologie Bordeaux.
- MARTIAL: Epigramme, IV.55.12.
- MITSCH, N. (1967): Zur Geologie des Magdalensberges und Muraunberges bei St. Veit. – Unveröff. Diss., Univ. Wien, 1–154, Wien.
- MUCHAR, A. (1826): Das Römische Noricum oder Oesterreich, Steyermark, Salzburg, Kärnthen und Krain unter den Römern. – II. Theil, 11, Grätz.
- MÜLLER, H. W. & B. SCHWAIGHOFER (1999): Die römischen Marmorsteinbrüche in Kärnten. – *CARINTHIA* II, 189./109.:549–572, Klagenfurt.
- MÜNCHISDORFER, F. (1870/1989): Geschichte des Hüttenberger Erzberges:1–284. – Reprint, Naturwiss. Verein Kärnten, Klagenfurt.
- MÜNCHISDORFER, F. (1871): Alte Schmelzgruben bei Hüttenberg. – *Zeitschr. berg- u. hüttenmänn. Verein f. Kärnten*, 3:90–91.
- MURBAN, K. (1939): Brachiopoden aus dem Karadoc vom Christofberg bei Pischeldorf. – *Anz. Akad. Wiss., Math.-Naturwiss.Kl., Abt.I (Min., Biol., Erdk.)*, 75(1938):60–61, Wien.
- NIEDERMAYER, G. (1993): Die Bergkristallfunde aus dem römischen Handelszentrum auf dem Magdalensberg in Kärnten, Österreich. – *Mineralien-Welt*, 4 (1):24–28, Haltern.
- OEHMEN, M. (1995): Geologische Neukartierung des Marmorvorkommens von Töschling, Pavor und Sekull vom Typus "Pörschacher Marmor" in Kärnten/Österreich. – *Geol. Dipl.-Kart.*, 1–36, Fb. Geowiss Univ. Münster, Münster.
- OSANN, B. (1939): Kurzgefaßte Eisenhüttenkunde. – 2. Aufl., I–XI und 1–188, Leipzig, Bibliothek ges. Technik, Bd. 383.
- OVID: *Metamorphosen*, XIV. 712.
- PAULI, L. (1980): Die Herkunft der Kelten:16–24. – In: AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (Ed.): Die Kelten in Mitteleuropa. Kultur, Kunst, Wirtschaft. Salzburger Landesausstellung, 1. Mai–30. Sept. 1980 im Keltenmuseum Hallein, Österreich. – 1–339, Salzburg.
- PASCHINGER, H. (1979): Kärnten. Eine geographische Landeskunde. Zweiter Teil: Die Wirtschaftsräume. – 1–231, Landesmuseum f. Kärnten, Klagenfurt.
- PETRONIUS, G.: *Satyrikon*, Fragment 267.
- PICCOTTINI, G. (1977): Die Stadt auf dem Magdalensberg. Ein spätkeltisches und früh römisches Zentrum im südlichen Noricums: 263–301. – In: TEMPORINI, H. & W. HAASE (1977): Aufstieg und Niedergang der römischen Welt. Geschichte Roms im Spiegel der neueren Forschung. – II. Principat, 6.:1–1015, Walter de Gruyter, Berlin.

- PICCOTTINI, G. (1989a): Bauen und Wohnen in der Stadt auf dem Magdalensberg. Studien zur Ur- und Frühgeschichte des Donau- und Ostalpenraumes. – Denkschr. 208:1–16, Österr. Akad. Wiss., Wien.
- PICCOTTINI, G. (1989b): Die Römer in Kärnten. Exkursionsführer zu den wichtigsten römischen Ausgrabungen und Denkmälern des Landes. – 1–304, Carinthia, Klagenfurt.
- PICCOTTINI, G. (u. Mitarbeit E. WAPPIS) (1989 c): Archäologischer Atlas von Kärnten. – 1–76, Geschichtsverein f. Kärnten, Klagenfurt.
- PICCOTTINI, G. (1995): Zum römischen Bergbau in Kärnten: 139–146. – In: KÄRNTNER LANDESAUSSTELLUNGSBÜRO (Ed.): Grubenuntersuchung & Ofensau. Vom Reichtum der Erde. – Teil II. Landesausstellung Hüttenberg/Kärnten, Beiträge:1–623, Berg- u. hüttenmänn. Verein f. Kärnten, Klagenfurt.
- PICCOTTINI, G. & H. VETTERS (1999): Führer durch die Ausgrabungen auf dem Magdalensberg. – 5. Aufl., 1–157, Landesmuseum f. Kärnten, Klagenfurt.
- PLEINER, R. (1966): Otázka primé výroby ocele v protohistorické technice. (Die Frage der direkten Stahlherstellung mittels protohistorischer Technik). 208–220, Kovové Materiály.
- PLEINER, R. (1968): Problem of direct steel production in early ferrous metallurgy. – Steel Times 196:312–318.
- PLINIUS d. Ä. & C. Secundus: Naturalis Historiae Libri XXXVI (Naturkunde, Buch 36: Die Steine). – 1–269, R. KÖNIG & J. HOPP (Hg. u. übers.), Wiss. Buchges., Darmstadt.
- PRASCHNIKER, C. (1949): Das Präsentationshaus: 148–151. – In: PRASCHNIKER, C. (1949): Die Versuchsgrabung 1948 auf dem Magdalensberg. – CARINTHIA I, 139.(2/3), Klagenfurt.
- RABITSCH, I. (1843): Das Tuffkalkflöz von Peratschitzen. – CARINTHIA I, 33:3–6, Klagenfurt.
- RIEHL-HERWIRSCH, G. (1965): Die postvariscische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg. – Mitt. Geol.- u. Bergbaustud. Wien, 14/15(1963/1964):229–266, Wien.
- RIEHL-HERWIRSCH, G. (1970): Zur Altersstellung der Magdalensbergserie (Mittelkärnten, Österreich). – Mitt. Geol.- u. Bergbaustud. Wien, 19:195–214, Wien.
- SCOTSE, C. R. & J. GOLONKA (1992): Paleographic Atlas, Paleomap Project. – Dept. of Geology, Univ. Texas, 1–35, Arlington.
- SCHAABER, O. (1963): Beiträge zur Frage des norischen Eisens. Metallkundliche Grundlagen und Untersuchungen an Funden vom Magdalensberg. – CARINTHIA I, 153:129–279, Klagenfurt.
- SCHÜTTE, G. (1923): Der Römersteinbruch am Spitzelofen. – XXXVIII. Jb. d. Stiftsgymnasiums zu St. Paul (Kärnten), 3–13, St. Paul.
- SCHULZ, E. H. (1961): Über die Ergebnisse neuerer metallkundlicher Untersuchungen alter Eisenfunde und ihre Bedeutung für die Technik und die Archäologie. – Arbeitsgem. f. Forsch. Nordrhein-Westfalen, Reihe Naturwissenschaften, 91, Westdeutscher Verlag, Köln, Opladen.
- SCHUSTER, W. (1950): Neue römische Funde auf dem Möselhof bei Hüttenberg. – CARINTHIA I, 144.(1954):114 ff, Klagenfurt.
- SCHWEIGERT, G. (1996): Vergleichende Faziesanalyse, Paläoökologie und paläogeographisches Umfeld tertiärer Süßwasserkarbonate auf der westlichen Schwäbischen Alb und im Hegau (Baden-Württemberg). – Geol.-Paläont. Inst., Univ. Stuttgart, 9:1–100, Stuttgart.
- SEELMEIER, H. (1939): Die stratigraphische Eingliederung der Diabase und Diabastuffe des Christophberges bei Klagenfurt. – Anz. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturwiss. Kl., Abt. I (Min., Biol., Erdk.), 75(1938):110–113, Wien.
- SEELMEIER, H. (1940): Geologische Beobachtungen in der Umgebung des Christophberges und St. Magdalensberges bei Klagenfurt. – Zeitschr. Deut. Geol. Ges., 92:430–441, Stuttgart.
- SEELAND, F. (1885): Beitrag zur Geschichte des Hüttenberger Erzberges. – Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, 33:292–294, 312–314.

- SINN, B. H. (1993): Und machten Staub zu Stein. Die faszinierende Archäologie des Betons von Mesopotamien bis Manhattan. – 1–242, Betonverlag, Düsseldorf.
- STEINER, W. & H. WIEFEL (1974): Zur Geschichte der geologischen Erforschung des Travertins von Taubach bei Weimar. – Quartärpaläontologie, 2:9–81, Berlin.
- STRAUBE, H., B. TARMANN & E. PLÖCKINGER (1964): Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart. – Kärntner Museumsschr. XXXV, 1–44, Klagenfurt.
- STRAUBE, H. (1964): Erzreduktionsversuche in Rennöfen norischer Bauart. – Arch. Eisenhüttenwesen, 35:932–940.
- STRAUBE, H. (1996): Ferrum Noricum und die Stadt auf dem Magdalensberg. Mit Beiträgen von Heimo DOLENZ und Gernot PICCOTINI: 1–187. – Springer, Wien.
- THIEDIG, F. (1975): Submarine Brekzien als Folge von Felsstürzen in der Turbidit-Fazies der Oberkreide des Krappfeldes in Kärnten (Österreich). – Mitt. Geol.-Paläont. Inst., Univ. Hamburg, 44:495–516, Hamburg.
- THIEDIG, F. (1966): Der südliche Rahmen des Saualpen-Kristallins in Kärnten. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 16:5–70, Wien.
- THIEDIG, F. (1998): Über die Herkunft des Baumaterials der keltisch-römischen Stadt auf dem Magdalensberg in Kärnten/Österreich, Festschrift z. 65. Geb. v. Dr. Heinz Wiesel. – Beiträge zur Geologie von Thüringen, Neue Folge 5:133–156, Thüringer Geol. Verein, Jena.
- THIEDIG, F., D. V. HUSEN & J. PISTOTNIK (1999): Geologische Karte Österreich 1:50000, Bl. 186 - St. Veit an der Glan. – Geol. BA, Wien.
- TROJER, F. (1966): Die Zusammensetzung eines römischen Mauerverputzes vom Magdalensberg. – CARINTHIA II, 156/76:94–97, Klagenfurt.
- VITRUVIUS POLLIO, M. (1991): Vitruvii de Architectura libri decem. – In: FENSTERBUSCH, C. (Übersetzung) (1991): Vitruv. Zehn Bücher über Architektur. – 5. Aufl., 1–585, Bibliothek klassischer Texte, Wiss. Buchgem., Darmstadt.
- WADL, W. (1995): Magdalensberg. Natur, Geschichte, Gegenwart, Gemeindechronik. – 1–304, Klagenfurt.
- WEINERT, M. (1996): Geologische Neukartierung des Westhanges des Magdalensberges und des angrenzenden Zechnerkogels (Kärnten/Österreich). Mit einem Beitrag zur keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss., Univ. Münster, 1–76, Münster.
- WERNER, B. (1996): Geologische Kartierung am NE-Hang des Magdalensberges Österreich/Kärnten. Mit einem Beitrag zur keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Kart., FB Geowiss., Univ. Münster, 1–66, Münster.
- WIESE, B. (1995): Der NW-Hang des Magdalensberges in Kärnten/Österreich. Mit Beiträgen zur Hydrogeologie und keltisch-römischen Ausgrabungsstätte am Magdalensberg. – Unpubl. Geol. Dipl.-Kart., FB Geowiss., Univ. Münster, 1–66, Münster.
- WIESSNER, H. (1953): Geschichte des Kärntner Bergbaus. II. Teil: Kärntner Eisen. – Geschichtsverein für Kärnten, 1–353, Klagenfurt.
- WINKLER, G. (1985): Die römischen Straßen und Meilensteine in Noricum/Österreich. – Ges. f. Vor- u. Frühgeschichte in Württemberg u. Hohenzollern e.V. (Ed.), 1–152, Stuttgart.
- WOLTER, L., F. THIEDIG, P. PESCH, J. HALAMIC, & T. APPOLD (1982): Geologie und Tektonik des Krappfeld-Mesozoikums (Ebersteiner Trias) in Kärnten/Österreich. – Mitt. Geol.-Paläont. Inst., Univ. Hamburg, 53:207–248, Hamburg.
- ZIERENBERG, S. & U. ASCHWER (1997): Geologie des Peratschitzener Kalktuffs und seine Bedeutung für die römische Siedlung auf dem Magdalensberg (Kärnten). – Unpubl. Geol. Dipl.-Arb., FB Geowiss., Univ. Münster, XI+132, Münster.

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. Friedhelm Thiedig
Steinkamp 5
D-22844 Norderstedt;
Mag. Erich Wappis
Landesmuseum für Kärnten,
Museumgasse 2
9020 Klagenfurt