Zeitschrift: Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst

Herausgeber: Augusta Raurica

Band: 25 (2004)

Artikel: Kein gläserner Boden? : Ein kritischer Vergleich zwischen Bodenradardaten und Ausgrabungsresultaten in der römischen Stadt Augusta Raurica

Autor: Leckebusch, Jürg / Rychener, Jürg

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-395669

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 05.07.2025

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

Kein gläserner Boden?

Ein kritischer Vergleich zwischen Bodenradardaten und Ausgrabungsresultaten in der römischen Stadt Augusta Raurica

Jürg Leckebusch und Jürg Rychener

Zusammenfassung

Bodenradar-Untersuchungen erwiesen sich im vergangenen Jahrzehnt zunehmend als willkommene und gegenüber einer Ausgrabung sehr viel billigere Methode, den Stadtplan von Augusta Raurica grossflächig zu ergänzen. Im vorliegenden Fall wurde die Prospektionsmethode eingesetzt, um zwei vor der Ausgrabung stehende Areale zu erkunden. Es ging darum, möglichst zuverlässige Grundlagen für die Berechnung des Grabungsaufwands zu bekommen. Es sind bisher die einzigen Flächen innerhalb der römischen Stadt, bei denen ein umfänglicher Vergleich zwischen Radar- und Ausgrabungsdaten überhaupt möglich ist. In beiden Fällen stellte sich heraus, dass die Prospektion mittels Bodenradar durchaus brauchbare, aber durch verschiedene Umstände auch schwierig zu interpretierende oder durch die der Methode inhärenten Grenzen stark beeinflusste Resultate liefert. Doch gerade die unübersehbaren Differenzen boten Anreiz für einen systematischen Vergleich, der sowohl für die Geophysik als auch für die Archäologie wichtige und weiterführende Erkenntnisse erbracht hat. Fazit: So einfach machbar ist der «gläserne Boden» nicht, doch ist es durchaus gelungen, die Ursachen für einige «Sichtbehinderungen» zu bestimmen und diese damit durchsichtiger zu machen.

Schlüsselwörter

Augusta Raurica, Augst/BL, Ausgrabungsplanung, Bodenradar, Datenverarbeitung, 3-D-Interpretation, Eindringtiefe, geologische Phänomene, Grabungsplanung, neuzeitliche Geländenutzung, Prospektion, Reflexionsstärke, Stratigraphie, Überdeckung der Bodenzeugnisse.

Hintergründe und Ziele

Auf dem Gebiet der römischen Stadt Augusta Raurica werden seit längerem Flächen mit Hilfe des Bodenradars prospektiert. In den letzten Jahren konnten die Insulae 34–36, 40–42[1], ein grosser Teil des Wildentals[2], das Violenried und der Schwarzacker mit geophysikalischen Methoden untersucht werden.

In zwei Fällen wurden Bodenradar-Messungen auf Parzellen unternommen, die in absehbarer Zeit wegen Bauvorhaben ausgegraben werden mussten. Es sind die Areale «Kunz-Suter» (Grabung 2001.51; Bodenradar 40144) und «Degen-Messerli» (Grabung 2001–2002.64; Bodenradar 40146). In beiden Fällen wurden die Untersuchungen von Jürg Rychener, Leiter der Ausgrabungsabteilung Augst/Kaiseraugst, initiiert, mit dem Ziel, die Resultate der Prospektionen in die Ausgrabungs-, Termin- und Finanzplanung einbeziehen zu können. Die beiden Areale bieten sich nach den durchgeführten Ausgrabungen für eine kritische Gegenüberstellung der Prospektions- und Grabungsergebnisse an.

Bis heute wurden in der ganzen Welt bereits sehr viele geophysikalische Prospektionen mit dem Bodenradar durchgeführt. Leider wurden die Resultate der Messungen jedoch nicht eingehend mit der in den Ausgrabungen vorgefundenen Realität verglichen[3]. Es bietet sich hier die einmalige Gelegenheit, Methode und Aussagekraft der Radardaten für die Archäologie zu verbessern. Ausschlaggebend dafür ist, dass sowohl die Bodenradardaten als auch die Grabungsresultate dreidimensional miteinander verglichen werden. Während die Radardaten standardmässig dreidimensional dargestellt werden, mussten die Grabungsresultate für diesen Vergleich entsprechend aufbereitet werden[4]. Es zeigte sich im Lauf der Vergleichsarbeit rasch, dass neben empfindlicheren Geräten und verfeinerter Datenverarbeitung eine *differenziertere Interpretation der Daten* notwendig ist, um die gesamte Methode zu verbessern.

1 J. Leckebusch, Dreidimensionale Prospektion mit Hilfe von Bodenradar (GPR) in Augusta Raurica (*insulae* 34, 35, 36, 40, 41 und 42). Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 22, 2001, 51–70.

2 Aktennummer 2000.54. Siehe H. Sütterlin, Ausgrabungen in Augst im Jahre 2000. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 22, 2001, 71–83 bes. 80 (Kurzbericht), ferner A. R. Furger u. a., Augusta Raurica, Jahresbericht 2000. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 22, 2001, 5–42 bes. 28 u. Abb. 32. Bisher fanden nur geomagnetische Untersuchungen statt. Die Resultate sind nicht publiziert.

3 Erste Ansätze dazu finden sich unter anderem bei Leckebusch (Anm. 1), 68 f. Abb. 19, ferner J. Leckebusch, Die Anwendung des Bodenradars (GPR) in der archäologischen Prospektion. 3D-Visualisierung und Interpretation (Rahden/Westf. 2001).

4 Die Daten wurden von Stefan Bieri ermittelt und systematisch auf die Grabungspläne übertragen. Wir danken ihm und Constant Clareboets, der die Grundlagenpläne dafür bereitstellte, für ihren Einsatz.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher

- das Aufzeigen der Differenzen zwischen Bodenradar-Bild und Ausgrabungsergebnissen,
- das Herausarbeiten von Gründen für diese Differenzen aus geophysikalischer und aus archäologischer Sicht und
- das Formulieren von Schlussfolgerungen für künftige Prospektionsarbeiten, unter anderem auch in der römischen Stadt Augusta Raurica.

Es soll gezeigt werden, bis zu welchem Detaillierungsgrad die Prospektion Informationen liefern kann und wo nur eine Grabung weiterhilft. Sicher ist: *Der «gläserne Boden» ist auch mit modernsten Mitteln nicht zu verwirklichen.* Jedoch sind nicht-invasive Prospektionsmethoden wie geophysikalische Messungen, Luftaufnahmen und systematische Feldbegehungen – möglichst in Kombination – ein vergleichsweise billiges und optimales Mittel, um den Archäologen, der Bevölkerung, den Politikern und den Bauwilligen zu zeigen, was an Geschichtszeugnissen im Boden steckt. Hier ist freilich noch eine Menge Arbeit zu leisten. Dazu gehört unter anderem eine sorgfältige Abstimmung der Prospektionsmethoden. So gesehen soll der Artikel anregen, den Ursachen für Differenzen nachzugehen, um damit die Interpretations- und Auswertungswerkzeuge zu verfeinern.

Das Ziel der Archäologie muss es eigentlich sein, dass im Grundbuch ausser zum Beispiel den Leitungstrassees in Zukunft auch die im Boden steckenden Ruinen aufgenommen werden, zumal in einem Areal, das über einer römischen Stadt liegt. Dabei spielen jedoch auch Fragen zur Nachführung und zur Datenhoheit eine wichtige, noch nicht restlos geklärte Rolle. Letztlich wollen wir erreichen, dass Gemeinden und betroffene kantonale Stellen bei ihren Planungen den archäologischen Untergrund berücksichtigen und von Anfang an einbeziehen. Denn immer wieder rücken Bauwillige mit sozusagen «weissen» Plänen an und sind überrascht bis perplex, wenn sie seitens der RÖMERSTADT AUGUSTA RAURICA mit dem archäologischen Stadtplan konfrontiert werden.

Rahmenbedingungen

Die beiden in den vorliegenden Vergleich einbezogenen Areale (Abb. 1) weisen gewisse Gemeinsamkeiten auf:

- Benachbarte Areale waren zwar schon früher ergraben, aber die vorliegenden Kenntnisse schienen entweder unzureichend (Umgebung von Grabung 2001.51) oder liessen sich infolge der Distanzen und der Topographie nur unter Inkaufnahme vieler Unwägbarkeiten für die bevorstehende Grabung in das benachbarte Areal übertragen oder interpolieren (Grabung 2001.64 und 2002.64).
- Beide Areale liegen am Rand der Oberstadt. Das Terrain bestimmt hier viel weitergehender als an anderen Orten die Art der Überbauung. Es war mit abweichenden Grundstrukturen und Detailgrundrissen, allenfalls mit unkonventionellen Bauten und Lösungen zu rechnen.

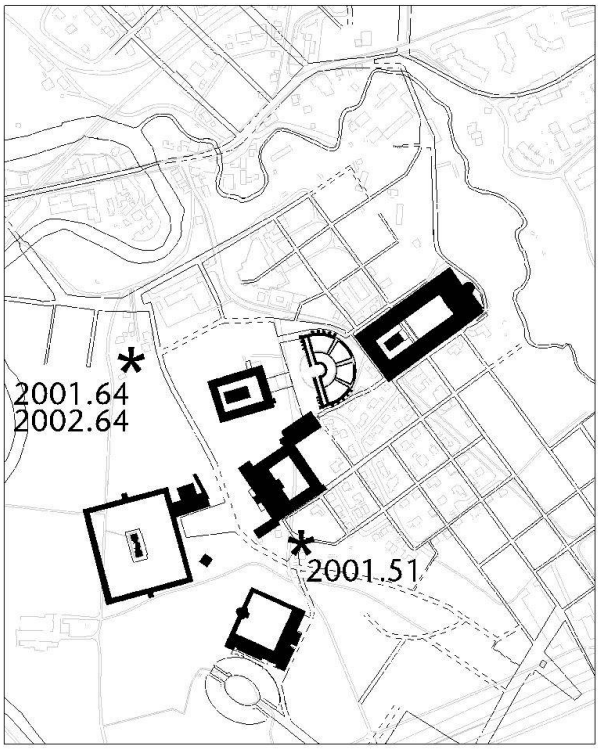


Abb. 1: Augst BL. Lage der Prospektions- und Grabungsareale in der Römerstadt Augusta Raurica. M. 1:7000.

Wie sich zeigte, bestimmten diese Gemeinsamkeiten auch die Resultate der Bodenradar-Prospektion. Ungewöhnliche Terrainverläufe, atypische bauliche Gestaltungen und im Fall der Grabung 2001–2002.64 eine gezielte neuzeitliche Nutzung[5] des Terrains erschwerten die Verarbeitung und Interpretation der Bodenradardaten.

Ein kritischer Punkt ist unser allgemeines Vorwissen um die in der römischen Stadt anzutreffenden Baustrukturen. Dies mag zwar die Interpretation erleichtern, stellt aber auch eine potentielle Quelle von Fehl- oder Überinterpretationen durch den Geophysiker dar. Doch auch die Archäologen sind nicht davor gefeit zu sagen: «Kennen wir!» statt: «Kennen wir eigentlich, aber sieht es nicht doch ein wenig anders aus?»

5 Hier gemeint: Im Unterschied zu den unspezifischen Störungen durch Erosion, Mauerraub und andere flächige Abbauphänomene an den römischen Ruinen.

Grabung 2001.51 und Bodenradar 40144: «Kunz-Suter»[6]

Vorwissen aus dem Archiv und den Bodenradardaten

Die aus Ausgrabungsarealen der Umgebung bekannten Mauer- und teilweise interpolierten Strassenzüge liessen vermuten, dass innerhalb der vorgesehenen Grabungsfläche mit der Kreuzung der ungefähr von Nord nach Süd verlaufenden römischen Westrandstrasse und der etwa von West nach Ost verlaufenden Minervastrasse zu rechnen war. Die Breite und die Richtung der Westrandstrasse waren dabei einigermassen gesichert bis an die südliche Grabungskante, da das Trassee auf Grund von Mauerzügen auf beiden Seiten eruiert werden konnte.

Sozusagen fast nur eine Vermutung war hingegen der Verlauf der Minervastrasse, welche die noch weitgehend auf dem Niveau der Oberstadt liegende Insula 21 gegen Süden begrenzt[7]. Die Südwestecke dieser Insula liegt freilich bereits im Abhang gegen das Wildental; die Minervastrasse wurde nicht zuletzt darum so eingetragen, weil man annahm, sie verlaufe ungefähr entlang der oberen Hangkante. Die südlich der Strasse nachgewiesene Überbauung (Grabung 1968.58: «Neubau Vögtlin») lag bereits im hier recht steilen Abhang gegen dieses Tal, in dem einst das Rauschenbächlein floss.

Die geophysikalischen Untersuchungen wurden am 19.10.2000 durchgeführt (Abb. 2). Anschliessend an die standardmässige Verarbeitung wurden die Profile migriert. Mit Hilfe von «constant velocity migration tests»[8] wurde eine konstante Geschwindigkeit von 0,084 m/ns bestimmt. Das durch die Auswertung der Bodenradardaten gewonnene Bild zeigte eine grössere Anzahl Strukturen (siehe Abb. 3; 4). Auffallend dabei sind verschiedene Böden im östlichen Teil der Messfläche.

Die im Radarbild sichtbaren Strukturen (Abb. 5) schienen darauf hinzuweisen, dass keine von Osten in die Fläche hineinführende Strasse vorhanden ist. Man musste demnach von einer Überbauung östlich der Westrand-

Hersteller, System	Geophysical Survey Systems Inc., Sir-10A
Antennenfrequenz	400 MHz
Spurparameter	80 ns, delay –5 ns, 16 bit
Messpunktabstand	2,5 cm
Profilabstand	25 cm

Abb. 2: Augst BL. Messparameter der Areale «Kunz-Suter» und «Degen-Messerli».

6 Ein Vorbericht mit einem Überblick zu den angetroffenen Befunden und weiteren Informationen zur Grabung, die hier nicht wiederholt werden, findet sich bei J. Rychener/H. Sütterlin/M. Schaub, Ausgrabungen in Augst im Jahre 2001. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 23, 2002, 47–84 bes. 49–57.

7 Beim Graben von Baumlöchern in der Parzelle 581 (damals noch Nr. 454) beobachtete Karl Stehlin an einer Stelle «Strassenkies». Diese Beobachtung war Anlass, die Strasse, deren östlichster Teil gefasst worden ist, auf die dargestellte Weise zu ergänzen (Grabung 1925.56; Stehlin Akten H7, 7b im Archiv Ausgrabungen Augst/Kaiseraugst).

8 Eine Erklärung dieses Verfahrens findet sich in: J. Leckebusch, Two- and three-dimensional ground-penetrating radar surveys across a medieval choir: a case study in archaeology. Arch. Prospection 7, 2000, 189–200.

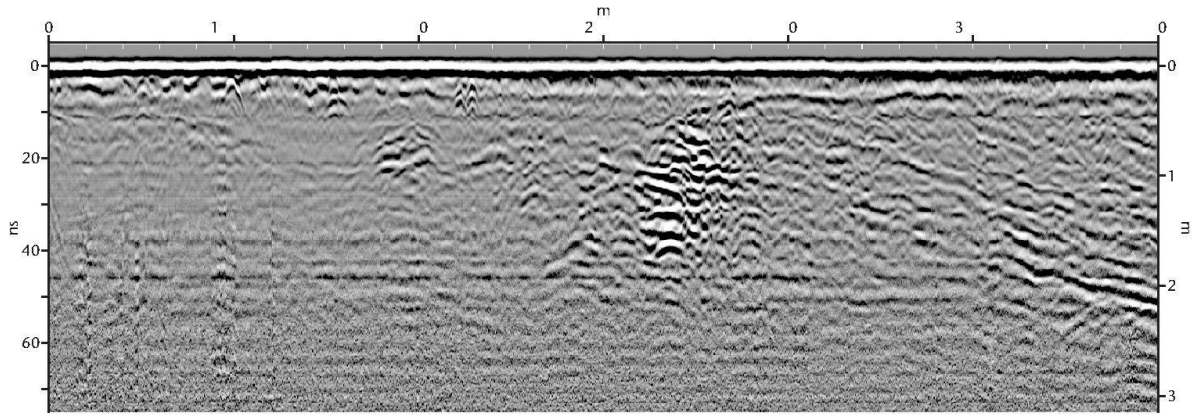
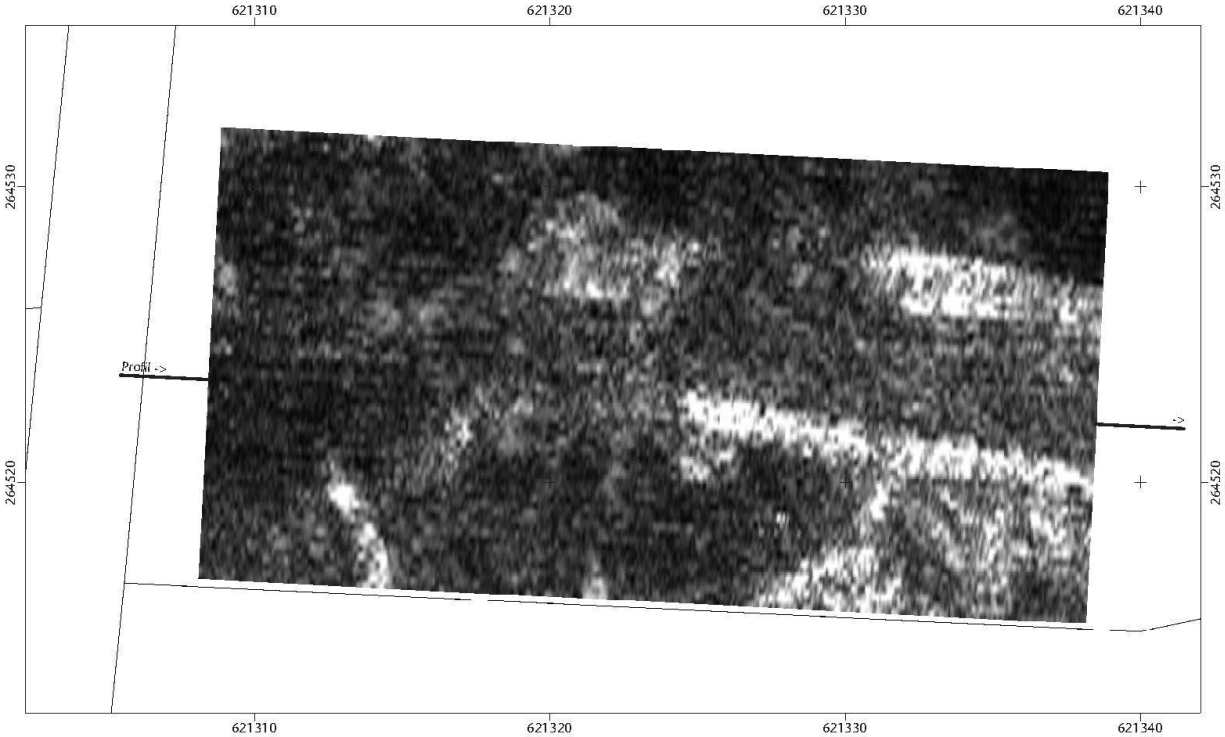
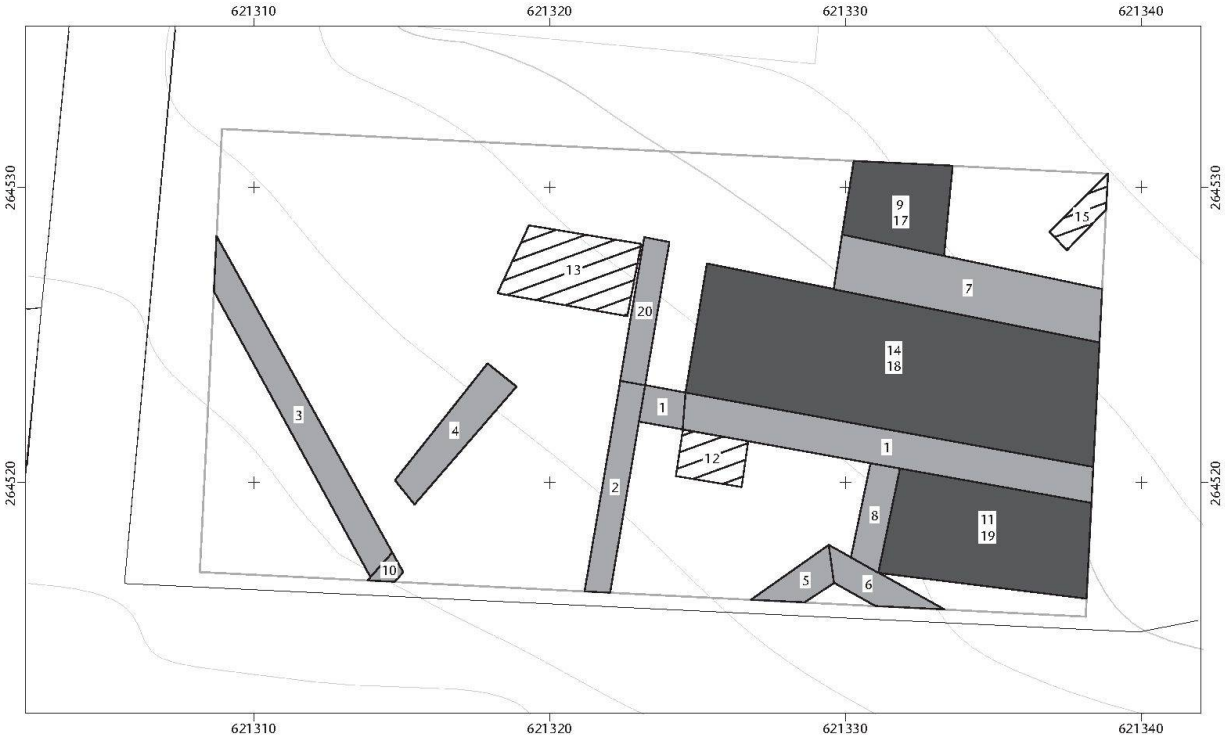


Abb. 3: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Unmigriertes Profil durch die Messfläche mit dem schwachen, etwas welligen Horizont des Strassenniveaus in der linken Hälfte und den im Profil schräg abfallenden als Strassenkoffer genutzten geologischen Schichtgrenzen. In der Bildmitte die Mauer Nr. 1 = Mauer MR 7. Zur Lage des Profils siehe Abb. 4.





∂ ∂ *Abb. 4: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Tiefenscheibe der Energie 0,95 m–1,05 m unter dem heutigen Terrain (heute = vor Beginn der Ausgrabung). Die Lage des Profils Abb. 3 ist markiert. M. 1:250.*

∂ *Abb. 5: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Interpretierte Bodenradardaten. Dunkle Flächen sind Böden, hellgraue Flächen Mauerzüge, schraffierte Flächen sind als Strukturen bezeichnet. Höhenkurven vor der Grabung, Äquidistanz 1 m. Zu den Nummern siehe im Text, S. 201 ff. M. 1:250.*

strasse ausgehen. Die Mauern Nrn. 1, 7 und 8[9] schliessen Räume mit zwei übereinander liegenden, jedoch durch einen grösseren Abstand getrennten Böden ein (Nrn. 11 und 19 sowie 14 und 18, eventuell ein erhaltener Hypokaust?), wie die dreidimensionale Auswertung der Radardaten ergab (Abb. 7). Ein vergleichbarer Befund ergab sich für die Strukturen Nrn. 9 und 17. Die Mauern Nrn. 1 und 2 liessen sich in die Baurichtungen der 1968 gefundenen Mauern einpassen. Ebenso wurde der Verlauf von Mauer Nr. 3 auf Grund der Ausgrabungen Karl Stehlins postuliert.

Die Anomalien Nrn. 4 und 13 blieben jedoch unklar, da sie im Bereich der an sich gut rekonstruierbaren Westrandstrasse liegen. Bei den als Mauer angesprochenen Strukturen Nrn. 5 und 6 könnte es sich genau so gut um Mauerschutt oder um eine andere Verfüllung handeln. Die Lage am Rand der Messfläche erlaubt hier keine genaueren Aussagen.

9 Um die Anomalien der Radarmessung und jene der Ausgrabung unterscheiden zu können, werden die Strukturen der Radarmessung stets mit Nr. 1, Nr. 2 usw. bezeichnet. Die Bezeichnung der archäologischen Strukturen lautet dagegen wie in Augst üblich Mauer MR 1, MR 2 usw.

Abb. 6: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Steingerechter Grabungsplan (Mauern und Strassenkoffer) mit Mauernummern. Einbezogen sind die Mauerbefunde der benachbarten Grundstücke. Darin eingeblendet ist die Interpretation der Bodenradardaten. M. 1:250.

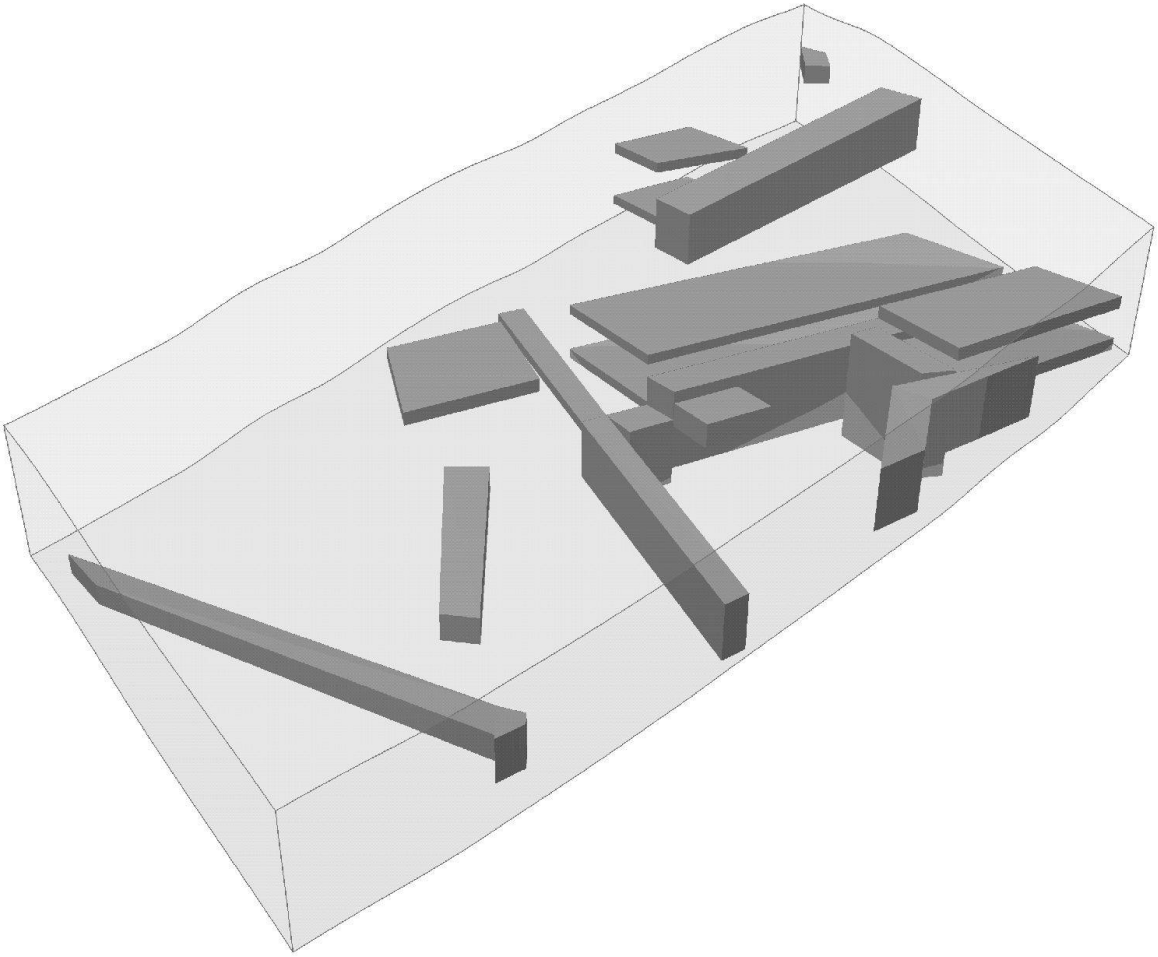


Abb. 7: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Dreidimensionale Darstellung der Interpretation der Bodenradardaten. Der grau eingefärbte Raum bezeichnet das Messvolumen. Ansicht von Südwesten. Zweifach überhöht.

Auf Grund der Prospektion musste also mit etlichen, vermutlich auch mehrphasigen Konstruktionen und der entsprechenden Zahl von Befunden gerechnet werden. Die Grabung wurde deshalb auf eine Frist von fünf Monaten angelegt. Das Radarbild zeigte aber, dass die Masse der Befunde östlich ausserhalb der Grabungsgrenze[10] liegen sollte. Freilich würde durch die Ausgrabung ein Teil der Gebäudereste zum Teil in an sich ungünstiger Weise durchschnitten werden.

Grabungsergebnisse im Vergleich mit den Bodenradar-Befunden

Ein Blick auf Abbildung 6 zeigt, dass zwischen den geophysikalischen und tatsächlich angetroffenen Befunden Differenzen bestehen. Die Mauern Nrn. 3 und 10 konnten auch in den Grabungen einwandfrei dokumentiert werden als MR 1, MR 4 und MR 9. Während die Tiefenausdehnung auf Grund beider Quellen gleich ist, stellt man eine horizontale Verschiebung von rund 40 cm fest. Dafür konnte bis jetzt keine Erklärung gefunden werden. Eine sehr gute Übereinstimmung ist im Plan bei der Mauerecke Nrn. 1 und 2 beziehungsweise Mauern MR 7 und MR 6 zu erkennen. Bezieht man die Höhen mit ein (siehe Abb. 7), so stimmen zwar die Oberkanten sehr gut überein, die Mauern reichen jedoch offensichtlich sehr viel tiefer, als dies auf Grund des Bodenradars geschlossen werden kann. Der Grund: Die Unterkanten liegen deutlich unter dem mit dem Gerät erfassten Niveau, also ausserhalb des Mess-

10 Wegen der geringen Grösse der Parzelle war von Anfang an eine vollständige Untersuchung des Grundstücks ins Auge gefasst worden; die Grabungsgrenzen entsprechen den Parzellengrenzen. Die Prospektion wurde allerdings so weit ausgedehnt, wie es der vorhandene Baum- und Buschbewuchs und die Umzäunungen zuliessen.

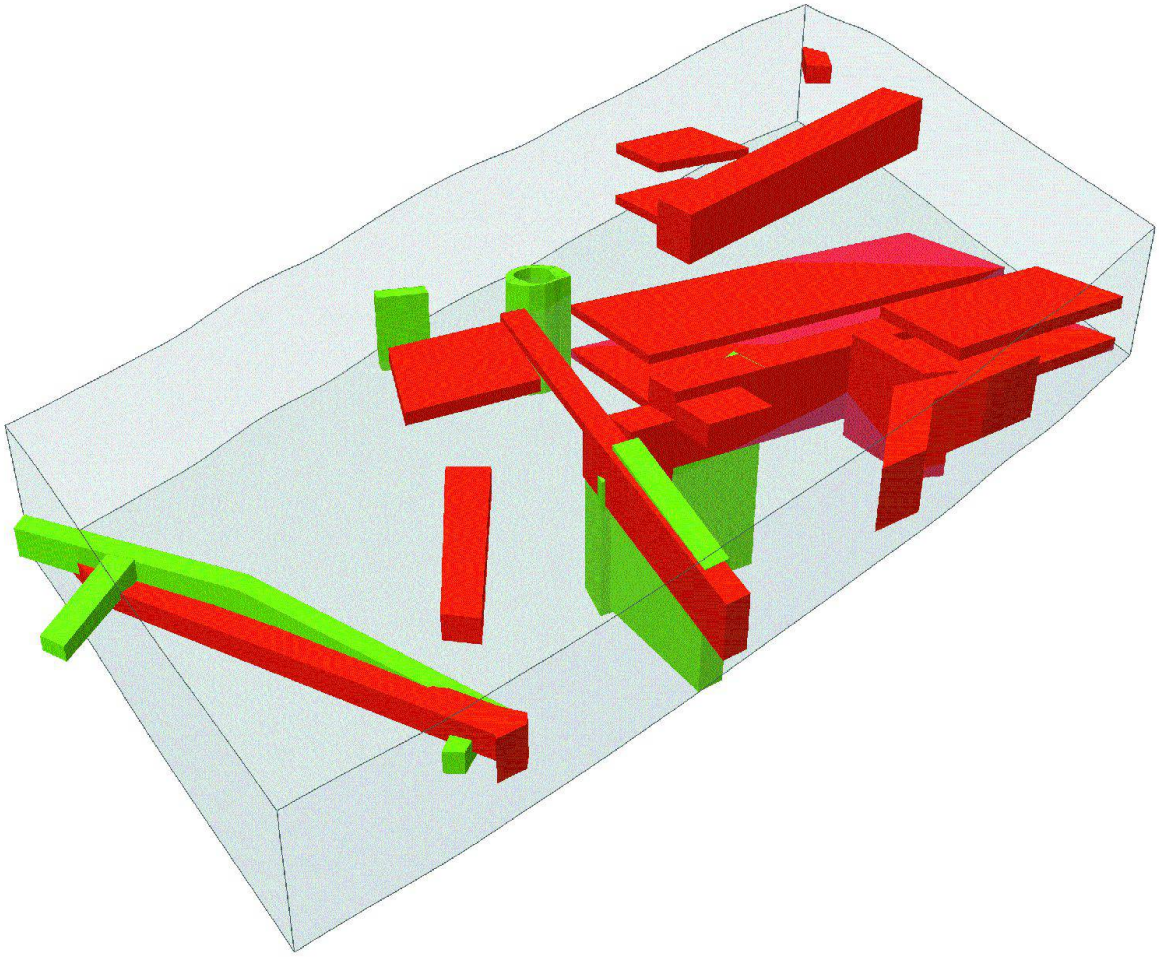


Abb. 8: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Dreidimensionale Gegenüberstellung der beiden Interpretationen. Ansicht von Südwesten. In Grün sind die effektiven Strukturen dargestellt, in Rot die des Bodenradars. Der hellgraue Block kennzeichnet das mit der Geophysik erfasste Messvolumen. Zweifach überhöht.

volumens[11]. Dass im Bodenradar-Bild die Mauern MR 2 und MR 10 nicht sichtbar sind, dürfte damit zusammenhängen, dass beide am Rand der Messfläche liegen und nur noch eine Steinlage erhalten ist. Vergleichbar ist die Situation bei Mauer MR 5, denn das ausgegrabene Reststück dieser ansonsten ausgeraubten Mauer war ziemlich kümmerlich und liegt ebenfalls an der Prospektions- und Grabungsgrenze. Es mag merkwürdig erscheinen, dass kein Hinweis auf den Brunnenschacht MR 8 gefunden worden ist. Betrachtet man jedoch dessen Tiefe, so wird klar, dass die Oberkante des Steinkranzes gerade an der Grenze des vom Radar erfassten Tiefenbereichs liegt. Das römische Strassenniveau konnte mit Hilfe der Tiefenscheiben nicht dokumentiert werden. Die Gründe dafür sind einerseits in der Topographie des Geländes und andererseits in der Unebenheit der Strasse selbst zu suchen. Eine genaue, nachträgliche Analyse der Profile zeigt aber, dass doch ein schwacher, wenn auch nicht immer durchgehender Horizont vorhanden ist. Im gefassten Strassenbereich liegen auch die Anomalien Nrn. 4, 13 und 20. Die Ursache für Nr. 13 ist offensichtlich die Störung oder Fehlstelle im römischen Strassenbelag kombiniert mit einer kompakten, aufliegenden Bautrümmerschicht, die anlässlich einer Sondierung am 19.01.2001 dokumentiert werden konnte. Die untiefe Lage lässt sich auch in den Bodenradardaten erkennen. Dieselbe Ursache dürfte auch für die Strukturen Nrn. 4 und 20 verantwortlich sein. Die vom Radar erfassten Flächen entsprechen tatsächlich ungefähr jenen Stellen, wo der römerzeitliche Mauerschutt vergleichsweise kompakt angetroffen wurde. Innerhalb des Mauerwinkels MR 6/MR 7 lag eine noch viel massivere Bauschuttschicht (wie aus-

11 Mit Messvolumen wird jener Raum bezeichnet, in den die Radarstrahlen eindringen können und aus dem sie wieder in genügend grosser Stärke reflektiert werden. Definiert wird das Messvolumen also durch die Messfläche und die Eindringtiefe.

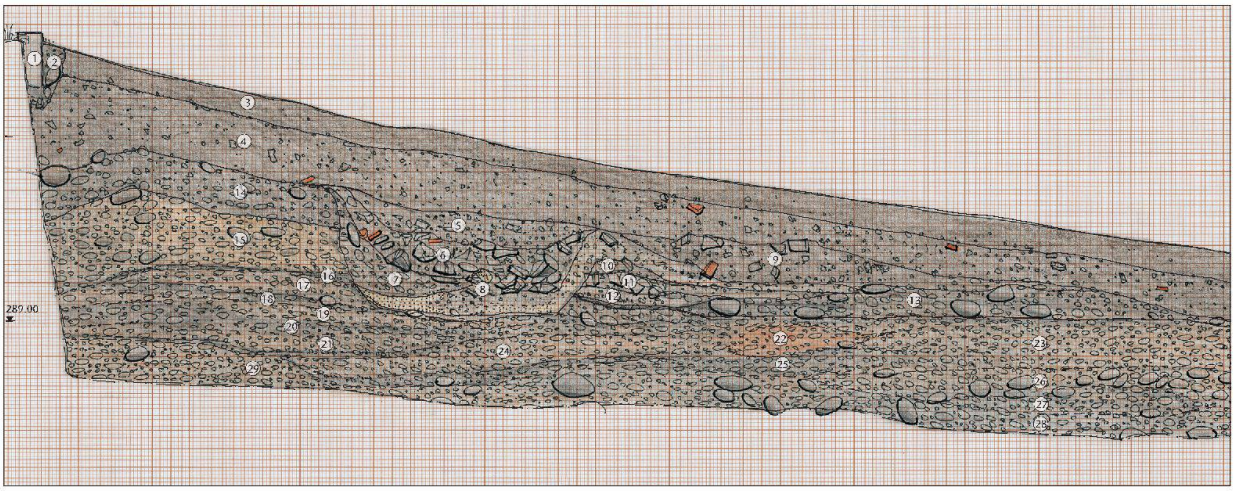


Abb. 9: Augst BL, Kunz-Suter (Grabung 2001.51). Nördlicher Teil des Ostprofils an der Grabungsgrenze. M. 1:40.

serhalb ausschliesslich aus Kalkbruchsteinen, vermischt mit Mörtel), was sich als Struktur Nr. 12 in den geophysikalischen Daten abzeichnet. Um für die Strukturen Nrn. 14 und 18 und wahrscheinlich auch für die Strukturen Nrn. 9 und 17 eine Erklärung zu finden, ist ein Blick auf das Ostprofil der Grabung nötig (Abb. 9): Deutlich sichtbar sind dort mehrere Kiesschichten (Nrn. 12, 13, 22–26). Sie sind kompakt und gut nach Korngrössen sortiert. Naheliegenderweise denkt man an sukzessive Strassenbeläge, verläuft das Profil doch quer zur Minervastrasse. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es sich um nicht umgelagerten, dunkelgelben bis ockerfarbigen Ergolzkies handelt, dessen Oberfläche so stabil war, dass er offenbar gleich als Strassenbelag benützt werden konnte. Anzeichen von künstlichen Aufkiesungen gab es nirgends. Die klaren Schichtgrenzen, verursacht durch die Fraktion während der Sedimentierung, erzeugen Signale, die im Radarbild als Böden interpretiert werden können. Da wir uns mitten in der römischen Stadt befinden, gewiss ein nahe liegender Schluss. Eine Kontrolle in den Profilen zeigt hier, dass es sich um eine klare Reflexion, bestehend aus mehr oder weniger einem einzigen «wavelet» handelt. Dies steht offensichtlich im Gegensatz zu eindeutig archäologischen Signalen von Böden, die eine längere Reflexion auf der Zeitachse verursachen.

Die Struktur Nr. 7, als Mauer interpretiert, ist ziemlich sicher die Fortsetzung der ausgeraubten Mauer MR 5; die mit Steinen verfüllte Mauergrube ist im Profil auf Abbildung 9 deutlich zu erkennen. Dazu passt die überdurchschnittliche Breite des Befunds im Radarbild sehr gut.

Kommentar

Es zeigt sich an diesem Beispiel sehr schön, dass der Bodenradar eben nicht nur Mauern genau kartieren kann, sondern auch weniger bedeutende Strukturen wie Anhäufungen von simplem Bauschutt. Geologische Strukturen können die Interpretation dagegen durchaus in die Irre leiten. Die dadurch zusammenkommende grosse Zahl von Strukturen führte bei der Grabungsplanung zu einer Überschätzung des benötigten Aufwands. Die Grabung konnte daher in dreieinhalb statt der ursprünglich geplanten fünf Monate abgewickelt werden, dies freilich auch wegen dem Ausbleiben an komplizierteren Befunden. Es erwies sich in diesem Fall, dass die Erkenntnisse aus den bisher vorliegenden Ausgrabungen in der Umgebung eine ausreichende Basis für die Grabungsplanung abgegeben hätten. In Anbetracht der sehr kleinen Messfläche von nur 450 m² und den guten Kenntnissen aus den angrenzenden Flächen ist dies nicht erstaunlich. Verallgemeinern sollte man das jedoch nicht. Die bestens bekannte Vieldeutigkeit von Signalen zeigt, wie wichtig für eine rein archäologische Abschätzung neben dem Planum auch die Tiefenausdehnung und Reflexionsstärke der Anomalien sind, auch innerhalb einer an sich gut bekannten Grabungsstelle wie der Römerstadt Augusta Raurica. Trotzdem ist es bestimmt sinnvoller, Signale in Richtung möglicher Befunde zu deuten als sie zu gering zu schätzen oder gar zu ignorieren. Es ist bekanntlich viel einfacher – wenngleich selten genug! – eine Ausgrabung in kürzerer als der eingeplanten Zeit abwickeln zu können, als um eine Verlängerung nachsuchen zu müssen.

Grabung 2001–2002.64 und Bodenradar 40146: «Degen-Messerli»

Vorwissen aus dem Archiv und den Bodenradardaten

Das Grabungsareal liegt am Westabhang des Schönbühls gegen die Ergolz. Es erfasst Teile eines grossen Quartiers, das von der römischen Grienmattstrasse im Westen, dem Rauricaplatz im Norden und der Heilbadstrasse im Süden eingefasst wird. Eine südliche Begrenzung ist bisher nicht bekannt[12].

Die Distanz zu benachbarten Grabungen ist relativ gross. Zwar liegt die Grabung «Augst-Kindergarten» (Grabung 1975–1976.51) relativ nahe, doch die nur geringfügige Überlappung der Grabungskanten erlaubte es nicht, die dort angetroffenen Mauerzüge in das neu zu untersuchende Areal zu verlängern (siehe Abb. 12). Bei der Grabung «Degen-Schulstrasse» (Grabung 1984–1985.52) ist die Fläche zu klein, um weit reichende von lokalen Strukturen unterscheiden zu können. An der Westseite lagen einige Hinweise auf Mauerzüge vor, die beim Aushub eines Leitungsgrabens zum Vorschein gekommen waren. Luftbildbefunde, die etwa im benachbarten Areal Obermühle schon mehrfach klar sichtbar waren, sind auf diesem Grundstück nie festgestellt worden. Angesicht der gegen Westen bis zu einer Höhe von über anderthalb Meter ansteigenden Bedeckung mit humosem Aufschüttungsmaterial verwundert das freilich nicht. Ausserdem wird das Land seit langem ausschliesslich als Viehweide benützt, was die Ausprägung von Bewuchsmerkmalen zusätzlich behindert.

Dennoch war die Ausgrabungsabteilung der Römerstadt dringend auf Hinweise über die Art und besonders die Tiefe der archäologischen Zeugnisse angewiesen. Da die Bauherrschaft ein sehr grosses Gebäude plante, war die Grabung wesentlich umfangreicher als bei sonstigen Einfamilienhäusern.

Am 15.05.2001 wurde die Fläche mit dem Bodenradar aufgenommen. Die Parameter waren dieselben wie für das oben besprochene Areal (Abb. 2). Im Rahmen der Datenverarbeitung wurden auch hier die Profile mit einer Geschwindigkeit von 0,08 m/ns migriert. Diese Geschwindigkeit konnte wiederum mit Hilfe von «constant velocity migration tests» aus den Daten selbst abgeleitet werden.

Das Bild, das mit Hilfe des Bodenradars gewonnen wurde, liess eine zwar seltsam anmutende, aber wegen der Terrainverhältnisse durchaus denkbare Überbauung erkennen (Abb. 10–12; 15). Allzu dicht schienen die Strukturen nicht zu sein, und auch ihre Tiefe erschien nicht besonders auffällig. Man konnte damit rechnen, dass die unabhängig von den Messungen geplante Zeit für die Untersuchung ausreichen würde. Die dichteste Ansammlung von Bodenzeugnissen lag zudem südlich ausserhalb der vorgesehenen Grabungsfläche. Im Gegensatz zum oben besprochenen Areal «Kunz-Suter» war ohne Zusatzinformation keine Interpretation der durch den Bodenradar sichtbar gemachten Zeugnisse möglich. Man konnte eine etwa Nord-Süd verlaufende, quer zum Abhang orientierte Überbauung vermuten, vielleicht mit einem Hof an der Westseite. Die Spuren im Ostteil der Grabungsfläche deuteten auf Terrassierungen, eventuell im Zusammenhang mit der östlich des geplanten Grabungsareals anzunehmenden Überbauung. Da das Areal ausserhalb der Insula-

12 Ein Vorbericht mit einem Überblick zu den angetroffenen Befunden und weiteren Informationen zur Grabung, besonders auch zu den benachbarten Grabungsarealen, die hier nicht wiederholt werden, findet sich bei: Rychener/ Sütterlin/Schaub (Anm. 6) 71–75 (Grabungskampagne 2001) und J. Rychener/H. Sütterlin (mit einem Beitrag von B. Pfäffli), Ausgrabungen in Augst im Jahre 2002. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 24, 2003, 61–96 bes. 81–92 (Grabungskampagne 2002).

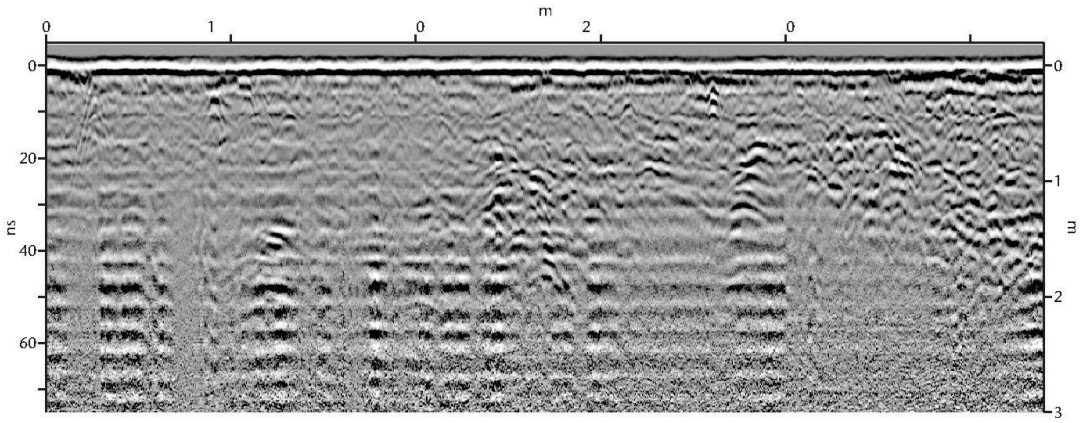


Abb. 10: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Unmigriertes Profil durch die Messfläche. Zur Lage des Profils siehe Abb. 11.

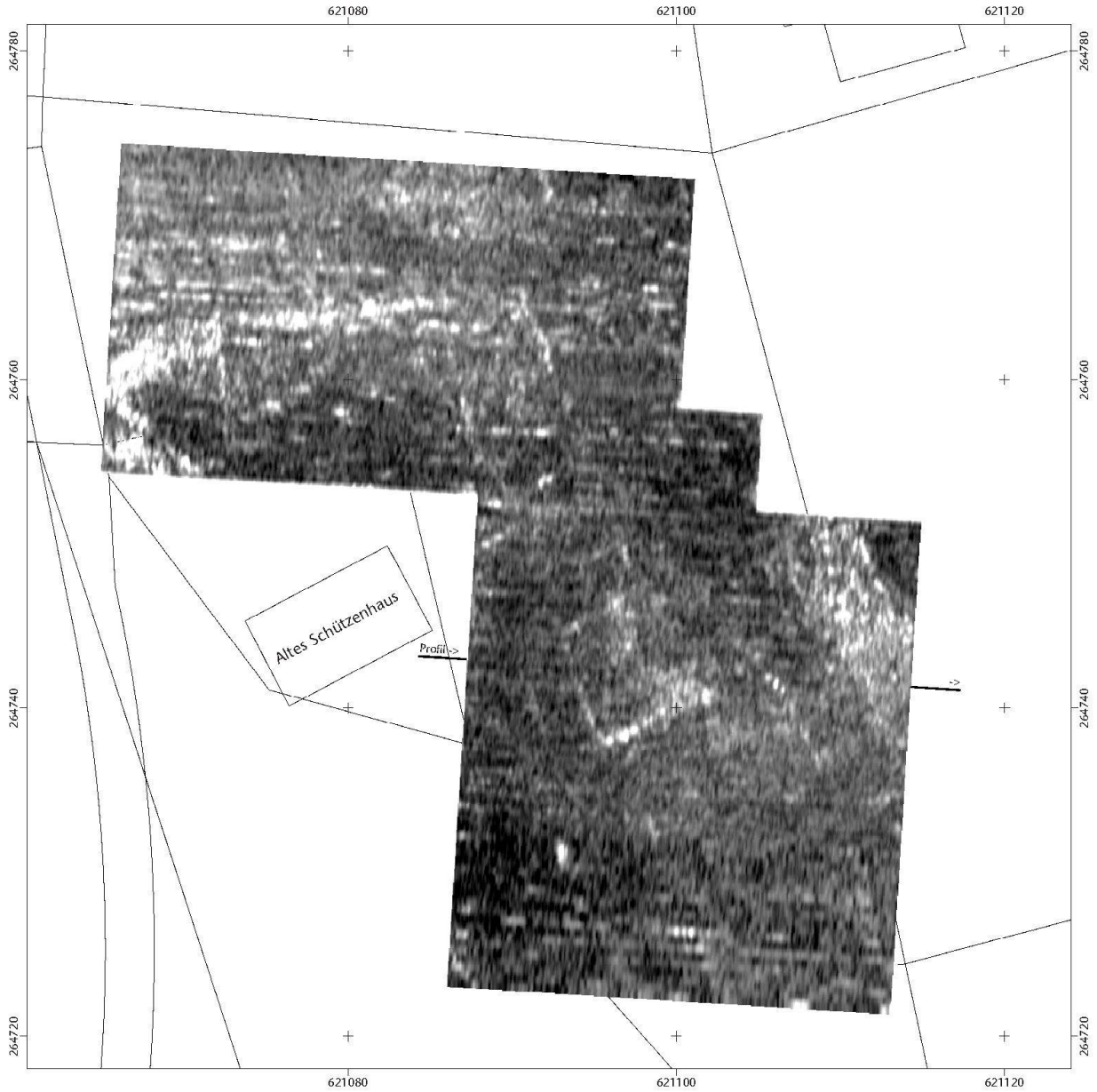


Abb. 11: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Tiefenscheibe der Energie 0,8–0,9 m unter dem heutigen Terrain (heute = vor Beginn der Ausgrabung). Die Lage des Profils Abb. 10 ist markiert. M. 1:400.

Struktur der Oberstadt liegt und die bisherigen Ausgrabungen keinerlei Hinweise darauf enthielten, konnten keine Vermutungen über allfällige Strassenverläufe angestellt werden.

Insgesamt bot sich ein überschaubares Bild der Strukturen – trotz der verhältnismässig grossen Fläche sollte die Grabung innerhalb der geplanten Zeit und mit den eingesetzten Mitteln abgewickelt werden können (anderthalb Jahresgrabungskampagnen).

Grabungsergebnisse im Vergleich mit den Bodenradar-Befunden

Wie beim Areal «Kunz-Suter» zeigen sich zwischen den Abbildungen 12 und 13 Differenzen. Im Gegensatz zu jener Prospektion wurden hier viel zu wenige Strukturen angezeigt (Abb. 14). Die durch die Eindringtiefe des Bodenradars gegebene Begrenzung zeichnet sich noch viel deutlicher ab. Sie beträgt in diesem Fall knapp 1,5 m. Dass hier deutlich schlechtere Verhältnisse herrschen, wurde bereits während der Messungen und der Interpretation festgestellt. Die meisten Strukturen im südwestlichen Teil der Grabungsfläche konnten daher auf Grund ihrer tiefen La-

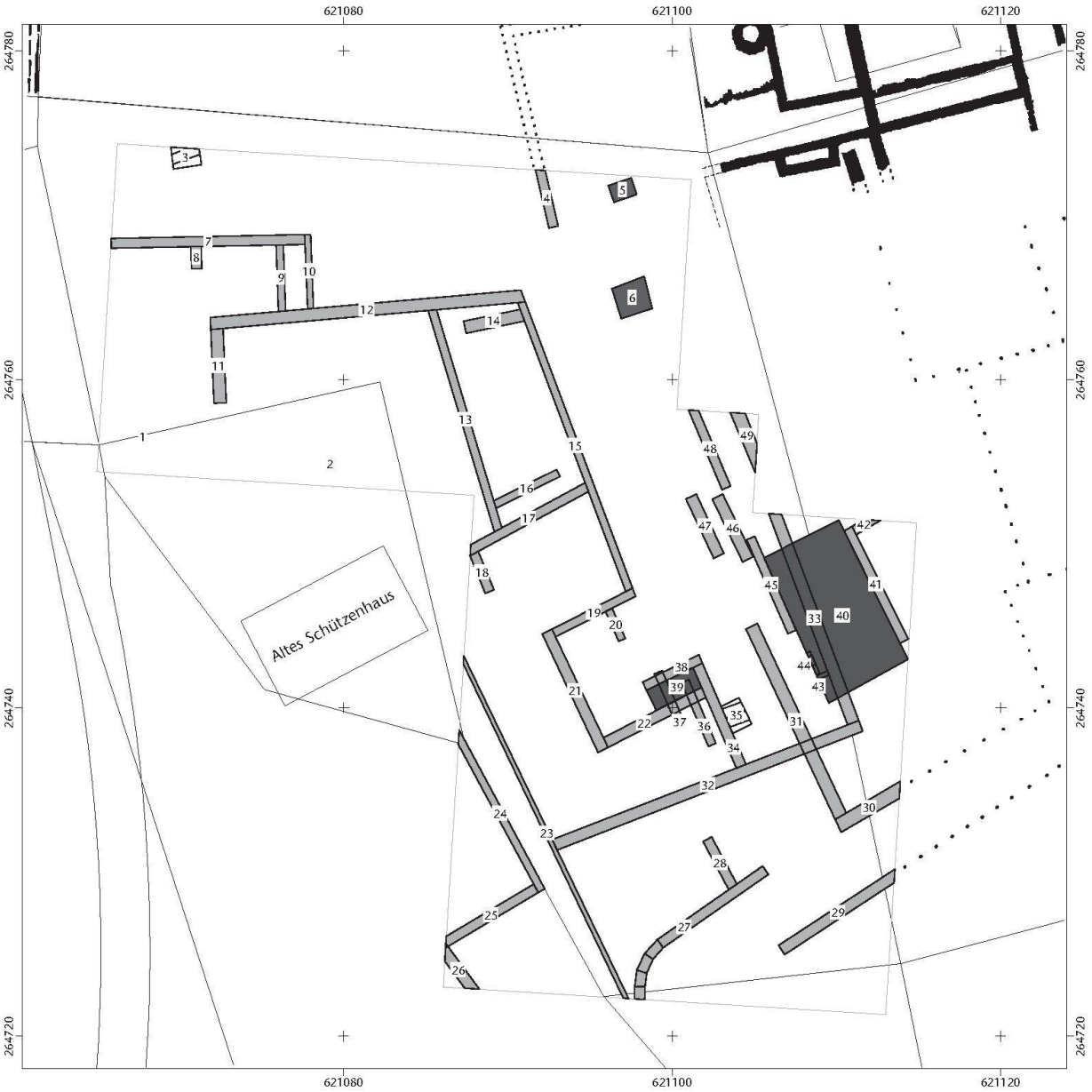


Abb. 12: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Interpretierte Bodenradardaten. Dunkle Flächen sind Böden, hellgraue Flächen Mauerzüge und schraffierte Flächen sind als «Strukturen» bezeichnet. M. 1:400.

ge nicht erfasst werden (Abb. 16). Dazu gehören die Mauern MR 5, 23, 24, 27, 43–45, 48, 51–57 und 59–62, die beiden Brunnen MR 36 und MR 58, Raum 9 mit dem Boden und den Fundamentsockeln und die Sandsteinstufen im nördlich angrenzenden Raum. Die Ursache für das «Auswandern» der Strukturen aus der Eindringtiefe ist die schon erwähnte massive Überdeckung im südwestlichen Teil der Grabungsfläche aus locker-humosem Material, die im 19. Jahrhundert eingebracht worden sein muss[13]. An der westlichen Grabungskante erreichte die Überdeckung mehr als 1,5 m Höhe. Trotzdem finden sich in den Zeitscheiben Hinweise auf eine grosse Anomalie bei Mauer MR 44. Da diese direkt an der Kante der Messfläche liegen, war hier keine Interpretation möglich. Dass die Fortsetzung von Mauer MR 2 (= MR 52) nicht erscheint, ist erklärbar, weil sie gegen Westen ausgeraubt war. Die Mauern MR 23 und MR 24 sind schlecht erhalten und daher zu tief für die 400-MHz-Antenne, weil sie beide bereits in römischer Zeit abgetragen worden sind. Der Vergleich zeigt, dass die Tiefen der Messungen allgemein etwas zu niedrig sind. Offen-

13 Sehr deutlich zu sehen bei Rychener/Sütterlin (Anm. 12) Abb. 27.

Abb. 13: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Steingerechter Grabungsplan. Die Ziffern bezeichnen Mauern, Räume sind zusätzlich mit einem R vor der Zahl versehen. M. 1:400.

sichtlich hätte eine etwas höhere Geschwindigkeit von vielleicht 0,085 m/ns genauere Tiefenangaben erbracht. Verschiedene in den geophysikalischen Daten sichtbare Unterbrüche in den Mauern sind auch in der Grabung angetroffen worden, so bei den Mauern MR 37 (Nrn. 45, 48), MR 14 und MR 8. Letztere beiden wie auch Mauer MR 6 konnte erst bei einer Neuinterpretation der Bodenradardaten erkannt werden, da die Erhaltungsbedingungen in diesem Bereich sehr schlecht sind. Bemerkenswert klar zeichnet sich hingegen der Boden Nr. 6 ab; es handelt sich um einen Teil eines Unterzugbodens für einen Hypokaust (Grabungsbezeichnung Schicht 1.008) in Raum 2. Unter den gegebenen Bedingungen reichen offensichtlich eine bis zwei Steinlagen nicht aus, damit eine Mauer eindeutig als solche erkannt wird. Wie in der Grabung festgestellt, befindet sich nördlich von Mauer MR 2/MR 52 relativ viel Bauschutt. Das mag zur verwirrenden Interpretation der Anomalien Nrn. 9 und 10 als Mauerzüge geführt haben; vermutlich waren es nur lokale Verdichtungen dieses Bauschutts. Eine erneute Durchsicht der Daten ergab, dass die in diesem Bereich liegende Anomalie Nr. 8 (ausserhalb der Grabungsfläche) deutlich grösser sein dürfte. Ähnlich wie bei Anomalie Nr. 6 könnte es sich um einen Boden handeln.

Im südlichen Bereich der Messfläche zeichnen sich verschiedene, etwa parallel liegende kürzere Anomalien ab.

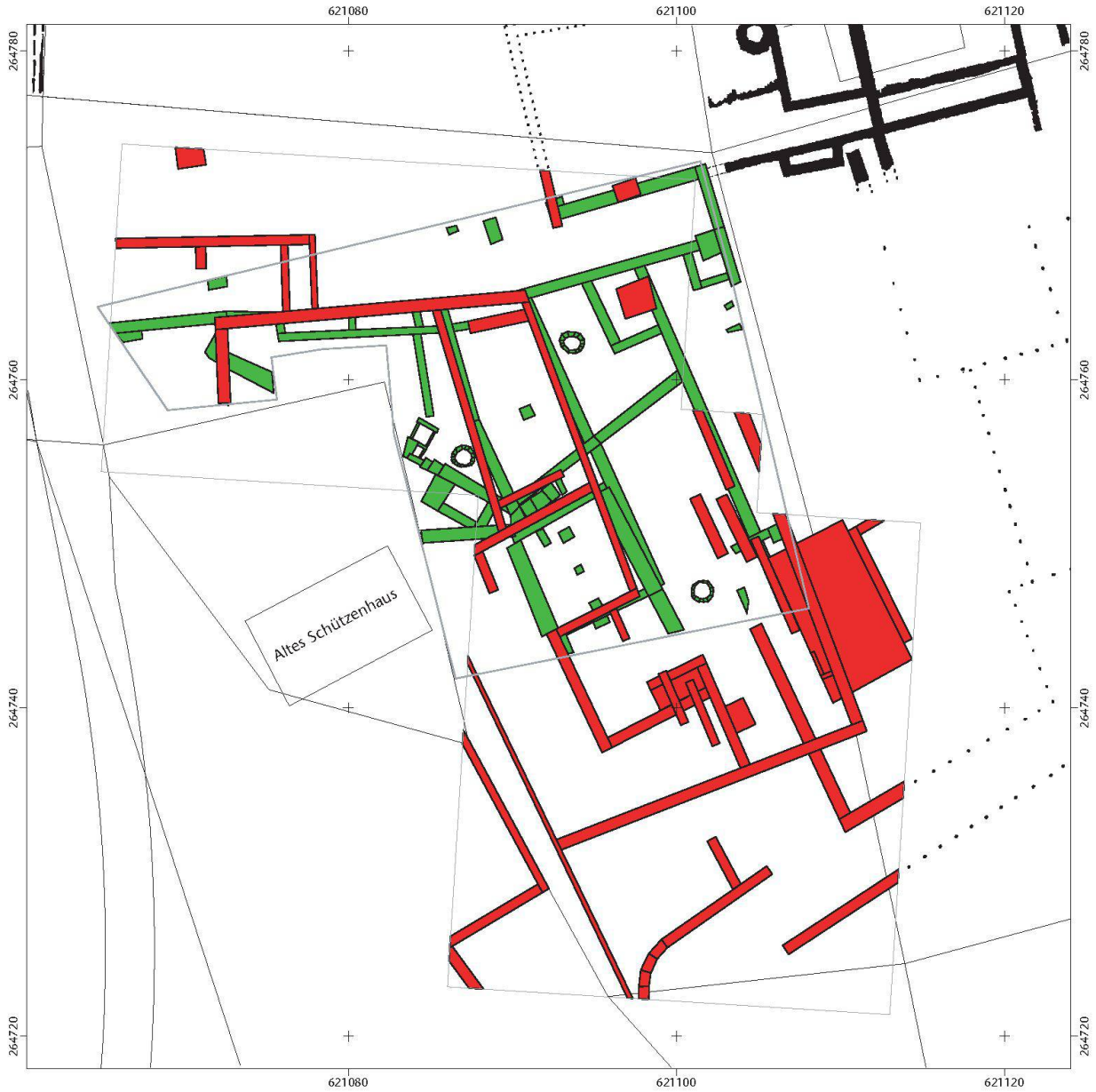


Abb. 14: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Schematischer Mauerplan der Ausgrabung und Interpretation der Bodenradardaten. In Grün sind die effektiven Strukturen, in Rot die des Bodenradars. M. 1:400.

Ausgehend von den ergrabenen Befunden ist hier mit gleichartigen Bodeneingriffen (Furchen) für die Maulbeerbaum-Plantage des 18. Jahrhunderts zu rechnen. Es zeigte sich, dass die meisten der Pflanzgräben mit kompaktem Mauerschutt verfüllt waren. So ist es keine Überraschung, dass sie in den Bodenradardaten teils als Mauerzüge erschienen: Die Strukturen Nrn. 20, 46, 47 und 49 waren solche steinverfüllte Gräben[14]. Damit wird das dichte Befundbild südlich der Grabungsfläche etwas verständlicher. Vermutlich zeigen die Strukturen Nrn. 33, 36 und 37 weitere Teile dieser Gräben. Die Lage der Mauern MR 4/MR 34 und MR 1/MR 32/46/MR 47 wurde offensichtlich nicht korrekt interpretiert. Eine genaue Betrachtung zeigt jedoch, dass die eingezeichneten Strukturen Nr. 13 und 15 mehr oder weniger der hangabwärts gelegenen Mauerfront folgen. Die östliche Seite der Mauer MR 46 zeichnet sich nur noch als schwacher, zuerst nicht interpretierter Schatten ab. Wie auch an Beispielen aus Augst festgestellt[15], kann das Innere einer Mauer für den Bodenradar als homogenes Medium erscheinen, sodass keine Reflexionen entstehen und

14 Siehe dazu Rychener/Sütterlin (Anm. 12) Abb. 44; 45.
15 Leckebusch (Anm. 1) Abb. 20.

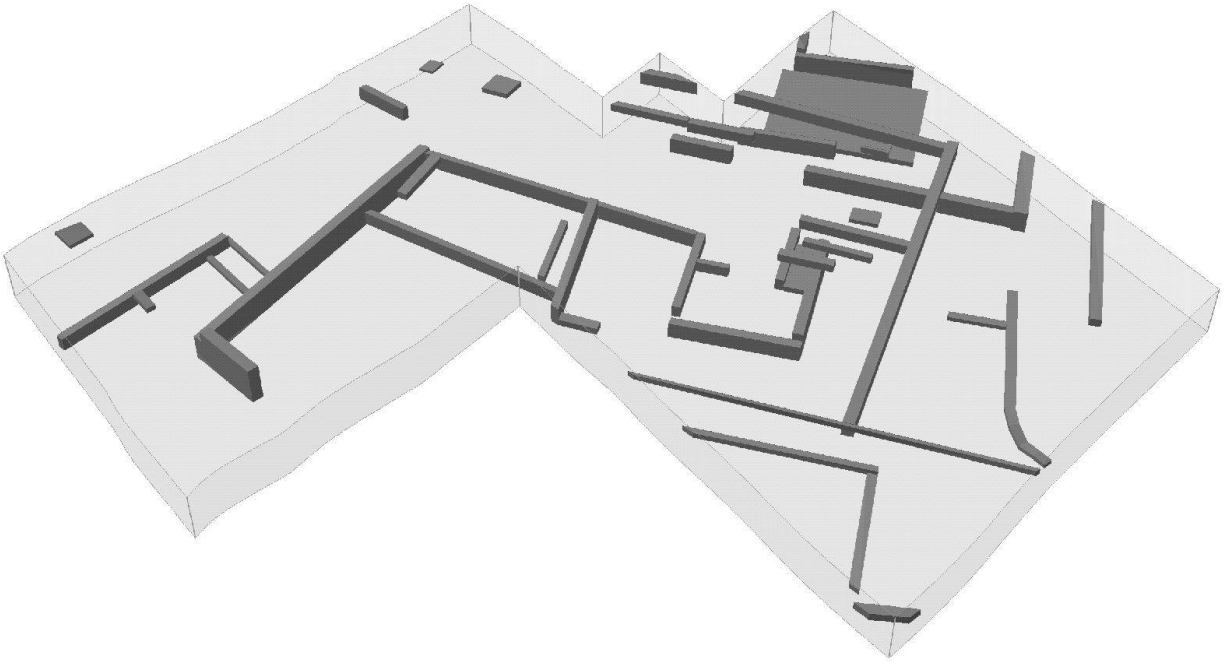


Abb. 15: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Dreidimensionale Darstellung der Interpretation der Bodenradardaten. Ansicht von Südwesten. Zweifach überhöht.

die Interpretation fehlgeleitet wird. Verstärkt wurde dieses Phänomen durch die erhebliche Neigung (sekundäre Verkrümmung in Längs- und Höhenrichtung) der Mauern im Bereich der Räume 7 und 9. Die beachtliche Hangneigung führt zusätzlich zu einem merkbaren Positionierfehler hangabwärts. Strukturen erscheinen deswegen in den Radardaten hangabwärts verschoben. Bei der Nachinterpretation konnte auch die in der Grabung nur als Negativ erfasste Mauer MR 10 in den Tiefenscheiben klar nachgewiesen werden. Für die als Boden bezeichnete ausgedehnte Struktur Nr. 40 findet sich die Erklärung in den Profilen in der Südostecke der Grabung (Abb. 17): Es handelt sich um eine ziemlich massive Bauschuttschicht, die auf die Aushubarbeiten im 18. Jahrhundert zurückgeht.

Die Strukturen Nrn. 21, 22, 31 und 34 sind römerzeitliche Mauern, überträgt man die Struktur der Überbauung in der ausgegrabenen Fläche gegen Süden. Struktur Nr. 21 ist die Verlängerung von Mauer MR 42 gegen Süden, Struktur Nr. 34 liegt in Flucht von Mauer MR 30, und die Distanz zwischen Struktur Nr. 19 (= MR 31) und Struktur Nr. 22 entspricht etwa jener zwischen MR 35 und MR 31. Ebenfalls als römisch dürften die Mauern Nrn. 30, 27 und 29 sein, da sie genau in der Flucht von aus Luftbildern dokumentierten Strukturen liegen. Die Mauer Nr. 7 könnte eine Verlängerung der Mauer MR 14 gegen Westen sein. Der Abstand zwischen dem langen Mauerzug MR 52/MR 2/MR 6 respektive Struktur Nr. 12 und MR 14 respektive Struktur Nr. 7 stimmt recht gut überein (je ca. 3,5 m); die Flucht ebenso, wenn man den Knick der Mauerflucht im ergrabenen Teil berücksichtigt. Dieser langrechteckige Streifen zwischen den beiden Mauerzügen stellte sich als Weg heraus, der vielleicht von der westlich des Grabungsareals liegenden römischen Grienmattstrasse aus in das Quartier hineinführte. Bis zur östlich des Grabungsareals liegenden römischen Heilbadstrasse durchgehend war der Weg nicht; Mauer MR 19 schliesst ihn gegen Osten ab. Dass Mauer MR 14 gegen Westen nicht weiter verfolgbar war, hängt übrigens mit der tief greifenden Umgestaltung des Geländes durch die Maulbeerbaum-Plantage entlang der östlichen Nordkante der Grabungsfläche zusammen. Ein interessantes Detail ist Struktur Nr. 5. Es handelt sich um einen Mörtelboden, der im Nordprofil gefasst werden konnte und ursprünglich wohl an die Nordseite (= Innenkante?) von Mauer MR 14 angestossen ist.

Wie im Areal «Kunz-Suter» wurden die Brunnenschächte nicht angezeigt, weil sie zu tief liegen. Einzig der Brunnen MR 9 liess sich in der Nachinterpretation nachweisen. Auf Grund der schlechten Signale würde eine solche Struktur aber nie erkannt, da die Amplituden einerseits sehr schwach sind und die geometrische Form andererseits zu diffus ist. Wie zu erwarten war, hat der Bodenradar keine Hinweise auf die Holzbauten erbracht.

Kommentar

Im Vergleich zu den Resultaten im Areal «Kunz-Suter» zeigt sich ein ähnliches Bild. Zudem wird deutlich, dass

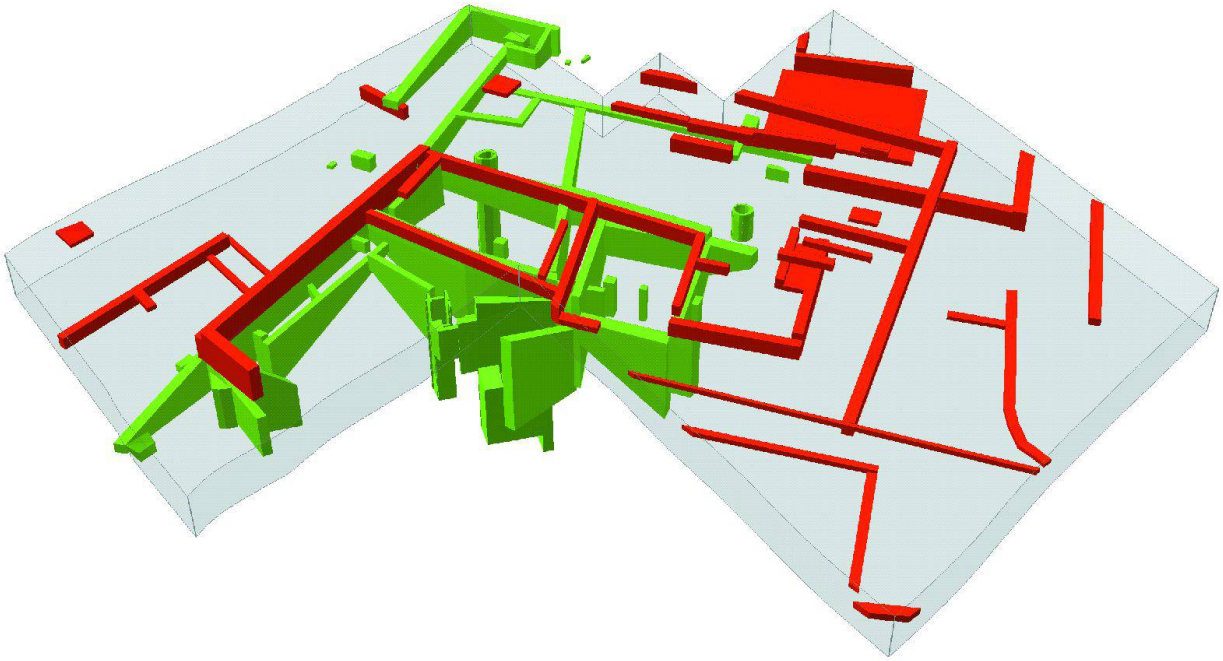


Abb. 16: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Dreidimensionale Gegenüberstellung der Resultate des Bodenradars und der Grabung. In Grün sind die effektiven Strukturen dargestellt, in Rot die des Bodenradars. Der graue Block kennzeichnet das mit der Geophysik erfasste Bodenvolumen. Ansicht von Südwesten. Zweifach überhöht.

Abb. 17: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Ecke des Ostprofils links und des Südprofils rechts mit der Trümmerschicht, die als Struktur Nr. 40 im Radarbild auftaucht. Gegen links ist zudem eine der trümmerverfüllten Furchen längs geschnitten. Von Nordwesten.

der Bodenradar nur gerade die obersten Strukturen erfasst hat, während die rund um das alte Schützenhaus besonders tief liegenden Strukturen ausserhalb der Reichweite der 400-MHz-Antenne liegen. Weitere physikalische Phänomene erschwerten die Interpretation zusätzlich.

Die für die Ausgrabungsarbeiten gesetzte Frist konnte knapp eingehalten werden, freilich nur, weil beim Anlegen der Pflanzgräben für die Maulbeerbäume in rund einem Drittel der Grabungsfläche die Befunde aus römischer Zeit fast ganz oder ganz abgetragen worden sind. Auf eine Aushebung sämtlicher Zeugnisse musste im südwestlichen Teil verzichtet werden – nicht in erster Linie aus Zeitnot, sondern weil die Arbeitssicherheit infolge der hohen Profile nicht mehr gewährleistet werden konnte. Hier

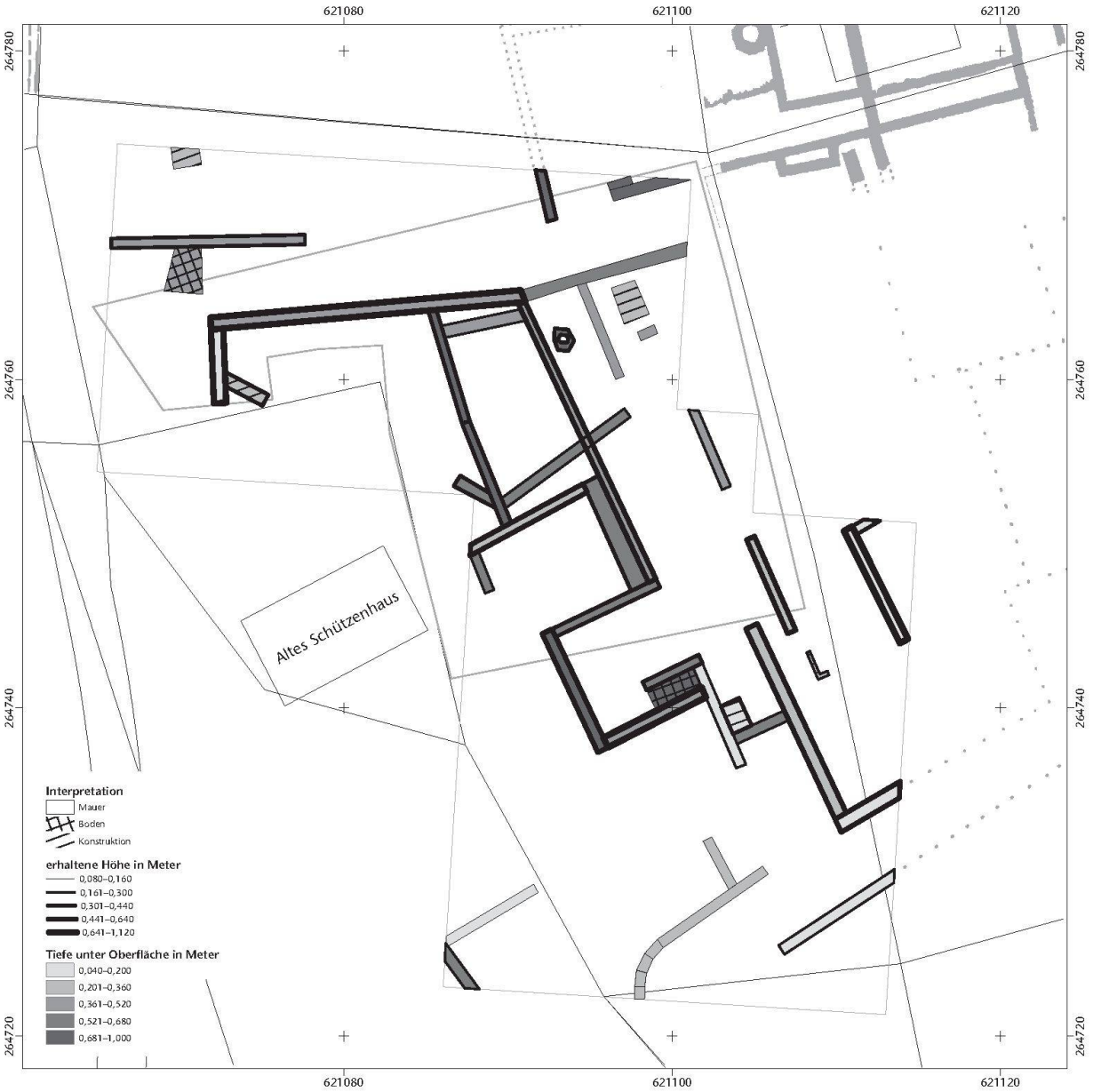


Abb. 18: Augst BL, Degen-Messerli (Grabung 2001–2002.64). Neuinterpretation der Bodenradardaten auf Grund der Ausgrabungsresultate. Zum besseren Verständnis sind nun zudem die erhaltene Tiefe und die Überdeckung durch die Strichstärke oder/und durch Graustufen kodiert. Nicht mehr eingetragen sind die als nachrömerzeitlich erkannten Strukturen. M. 1:400.

sind zum Glück keine Bodeneingriffe für den Bau des Hauses vorgesehen.

Für die Interpretation der ergrabenen Zeugnisse sind die im südlich anschliessenden Gebiet mittels Radar erkannten Strukturen von Interesse, weil sie belegen, dass sich die merkwürdige «Raumflucht» um eine oder zwei weitere Einheiten fortsetzt. Die Strukturen Nr. 27 und 30 (Abb. 12) könnten den Südabschluss des Quartiers markieren. Zusammen mit Luftbildbefunden dürfte sich eine ähnliche Baustruktur an der östlichen Grabungsgrenze abzeichnen (Abb. 18).

Schlussfolgerungen

Der Vergleich von Bodenradardaten und Ausgrabungsresultaten hat gezeigt, dass eine sehr gute Übereinstimmung vorhanden ist. Alle Anomalien des Bodenradars konnten auf Grund der archäologischen Untersuchungen bestätigt und erklärt werden. Es handelt sich also durchwegs um reale Störungen im Boden. Eine Analyse der Detektierbarkeit der Strukturen zeigt, dass unter schlechten Bedingungen *mehr als eine Steinlage* vorhanden sein muss, damit diese erfasst werden kann. Gleichzeitig lassen sich im Gegensatz dazu auch vollständig ausgeraubte Mauern nachweisen.

Grundsätzlich wurde die Eindringtiefe der geophysikalischen Methode offensichtlich sowohl vom Geophysiker als auch vom Archäologen zu wenig berücksichtigt. Es ist daher wichtig, dass eine verbesserte, genauere maximale Tiefe angegeben wird, aus der noch Signale zu erwarten sind. Wenn tiefer liegende Zeit-/Tiefenscheiben keine Anomalien mehr zeigen, so können trotzdem noch archäologische Strukturen vorhanden sein. Das ist einerseits auf die starke Absorption des Signals innerhalb der Mauern zurückzuführen, sodass die Unterkante nicht erfassbar ist[16]. Andererseits zeigt sich gerade an den vorliegenden Beispielen, dass die Messungen mittels einer *zweiten Antenne* mit einer niederen Frequenz komplettiert und ergänzt werden sollten. Nur so sind auch tiefere Schichten erfassbar, womit ein vollständigeres Abbild der archäologischen Hinterlassenschaften erzielt werden kann. Leider nimmt bei tiefer frequenteren Antennen jedoch die Auflösung ab, sodass die Interpretation unbedingt unter Zuhilfenahme von beiden Datensätzen erfolgen sollte. Unabhängig davon gilt freilich, dass Strukturen, die bis an die Unterkante der Eindringtiefe der Methode nachweisbar sind, durchaus bis in eine noch grössere Tiefe erhalten sein können. Neue Verfahren der Datenverarbeitung, besonders die Verwendung von «spectral whitening», haben gezeigt, dass auch aus den bestehenden Profilen noch mehr Informationen zu holen sind, indem das Signal-/Rausch-Verhältnis weiter verbessert wird[17]. Ein Vergleich zwischen den Rohdaten und den migrierten Daten zeigt zudem eine deutliche Verbesserung des räumlichen Auflösungsvermögens durch die Verarbeitung, was für solch detaillierte Interpretationen sehr wichtig ist[18]. Die Positionierungsgenauigkeit könnte noch verbessert werden, indem die Daten nicht nur entsprechend der Topographie statisch korrigiert werden, sondern indem man die einzelnen Spuren – adäquat den realen Verhältnissen – normal zur Oberfläche projiziert und daraus Zeit- oder Tiefenscheiben gerechnet werden[19]. Gerade in schwierigen Fällen kann die Interpretation durch Randeffekte und schwache Signale fehlgeleitet werden. Das ist nur zu verhindern, wenn die Interpretation weniger subjektiv gemacht wird, also entsprechende Werkzeuge zur Verfügung stehen. Die Entwicklung solcher Programme hat zwar bereits begonnen, ist jedoch noch mit vielen Unzulänglichkeiten verbunden[20]. Es ist daher wichtig, dass alle vorhandenen Informationen – so weit möglich – in die Interpretation einbezogen werden, zum Beispiel durch Kodierung der Strichdicke und Farbe (Abb. 18).

Aus archäologischer Sicht ist es wichtig zu wissen, dass der Bodenradar nicht nur Mauern, sondern auch andere «Unregelmässigkeiten» im Untergrund kartieren kann. Dazu gehören neben dichteren Schuttpackungen auch in der Ausgrabung kaum mehr fassbare Mauern und moderne Störungen wie die kompakten Grabenfüllungen des 18. Jahrhunderts beim Areal «Degen-Messerli». Hier stösst man an die Grenze der Methode: Der Bodenradar liefert heute nur rein geometrische Formen; genauere Aussagen über das Material oder gar die Datierung lassen sich nicht machen. Falls möglich, können andere Prospektionsmethoden weiterhelfen, die Interpretation zu verbessern. Zu denken ist an die Magnetik und an die Luftbildprospektion, wie dies zum Beispiel bei den Insulae 34 ff. der Fall war[21]. Für die Planung von Ausgrabungen bietet die Prospektion detaillierte Anhaltspunkte, die jedoch entsprechend ihrer Aussagekraft gewichtet werden müssen. Gerade Letzteres ist für einen Archäologen relativ schwierig. Nicht immer sind die gelieferten Daten mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad direkt mit den vorhandenen Informationen aus den umliegenden Gebieten vergleichbar.

Nicht alle Probleme lassen sich jedoch durch bessere Verarbeitung und die Verwendung von weiteren Frequenzen lösen. Der hier vorgelegte Vergleich belegt vielmehr, dass

- eine *gemeinsame Interpretation* der Bodenradardaten durch Geophysiker und Archäologen notwendig ist. Der Geophysiker darf sich nicht damit begnügen, Pläne und Grafiken abzuliefern, der Archäologe nicht damit, den gelieferten Grundriss allein zu berücksichtigen bei der Abschätzung des Ausgrabungsaufwands, denn genau so wichtig ist eine gründliche Auseinandersetzung mit dem dreidimensionalen Bild der Radardaten,
- die *Eindringtiefe* eine sehr wichtige Grenzgrösse darstellt. Sie *muss* durch geeignete Grafiken in den Grundrissen und durch die Darstellung des Messvolumens in den dreidimensionalen Bildern sichtbar gemacht werden,
- die *dreidimensionale Gestalt* der angezeigten Volumina – besonders die erhaltene Höhe – wichtige zusätzliche Hinweise in fraglichen Fällen geben kann (Abb. 18),
- es sich unter Umständen lohnt, ein Gebiet mit *Antennen mit verschiedenen Frequenzen* zu prospektieren, einmal mit dem Ziel einer möglichst genauen Positions-

16 J. Leckebusch/R. Peikert, Investigating the true resolution and three-dimensional capabilities of ground-penetrating radar data in archaeological surveys: Measurements in a sand box. Arch. Prospection 8, 2001, 29–40.

17 J. Leckebusch, The use of antenna arrays for GPR surveying in archaeology. Arch. Polona 41, 2003, 226 f.

18 Vgl. Leckebusch (Anm. 8).

19 Für Profile, also im zweidimensionalen Raum, wurde dies bereits gezeigt: D. Goodman/Y. Nishimura/H. Hongo, Horizon slice in archaeological prospection. Arch. Polona 41, 2003, 184.

20 Erste Ansätze dazu finden sich in J. Leckebusch, Automatisierung von Radar- und Widerstandsmessungen in Verbindung mit dreidimensionaler Radardatenverarbeitung. Materialh. Arch. Baden-Württemberg 41, 1998, 77–80. Die Arbeiten wurden dann weiterverfolgt in Leckebusch (Anm. 3) und J. Leckebusch/R. Peikert/M. Hauser, Advances in 3D visualization of georadar data. Archaeological Prospection. 4th International Conference on Archaeological Prospection (Vienna 2001) 143 f.

21 Leckebusch (Anm. 1) Abb. 4–6; 11.

bestimmung der Bodenzeugnisse, das andere Mal mit der Absicht, eine möglichst grosse Eindringtiefe zu erreichen,

- eventuell *gezielte Bohrungen* notwendig sind, wenn eine hohe Überdeckung der Bodenzeugnisse zu vermuten ist oder wenn die Überdeckung aus schlecht oder gar nicht durchdringbarem Material[22] besteht,
- Eingriffe aus späteren Epochen im Radarbild sich von den eigentlich interessierenden Befunden unter Umständen nicht unterscheiden lassen. Auch geologische Strukturen können Signale hervorrufen, die denen archäologischer Zeugnisse täuschend ähnlich sehen.

Als günstig für die Weiterentwicklung der Bodenradar-Messung und als Ansporn für die beiderseitige kritische Auseinandersetzung mit deren Resultaten erwiesen sich die vorliegenden Vergleiche auf jeden Fall. Denn nur weil verschiedene Differenzen oder divergierende Interpretationen vorlagen, stellte sich den Beteiligten die Notwendigkeit eines vertieften Vergleichs so klar vor Augen. Bei insgesamt überwiegend übereinstimmenden Resultaten käme kaum jemand auf die Idee, Fragen zu stellen.

Abbildungsnachweise

Abb. 1:
Plan Constant Clareboets.
Abb. 2:
Tabelle Jürg Leckebusch.
Abb. 3–8; 10–16; 18:
Daten, Grafiken und Pläne Jürg Leckebusch.
Abb. 6; 13:
Plangrundlagen Constant Clareboets.
Abb. 8; 16:
Datengrundlagen Stefan Bieri.
Abb. 9:
Zeichnung Markus Schaub.
Abb. 17:
Foto Hans-Peter Bauhofer.

22 Sich stets erneut abzeichnende Freiflächen bei Luftbildern in Arealen, die rundum einigermassen dicht bebaut erscheinen, können ein Indiz für eines der beiden Phänomene sein. Das Problem der für eine Methode undurchsichtigen Überdeckung ist in gewissen Arealen der römischen Stadt Augusta Raurica genauso akut (vgl. die Ausführungen zur Überdeckung der römischen Ruinen mit Schwemmlehm bei der Grabung 2003.59: J. Rychener/H. Sütterlin (mit einem Beitr. v. M. Schaub), Ausgrabungen in Augst im Jahre 2003. Jahresber. Augst u. Kaiseraugst 25, 2004, 75–110 bes. 99–106 (in diesem Band).