

Abschlussbericht

Schnittstelle der Landschafts- und Kulturgeschichte – Untersuchungen von Bohrkernen aus dem Mittleren Schlossgarten in Stuttgart

von

Andreas Lehmann, Hans-Peter Stika

Universität Hohenheim
Institut für Botanik

Förderkennzeichen: L75 16005

Laufzeit: 01.02.2016 - 31.03.2017

Die Arbeiten dieses Projekts wurden mit Mitteln
des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

November 2017



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Autoren:

Andreas Lehmann (Redaktion, Geologie)

Hans-Peter Stika (Botanik)

Herrmann Behmel (Geologie)

Joachim Eberle (Geomorphologie, Geologie)

Patrick Schwarz (Geologie)

Kristin Kuhn (Geologie, Schwermetalle)

Maria Knipping (Botanik)

Silke Horakh (Botanik)

Andreas Thiel (Archäologie)

Harald Schukraft (Geschichte)

Stefan und Benjamin Ramirez Perez (Künstlerische Umsetzung)

Inhaltsverzeichnis

0.1 ZUSAMMENFASSUNG	1
0.2 ABSTRACT	1
1 EINLEITUNG	2
1.1 Ausgangssituation.....	2
1.2 Vorgeschichte des Projekts zur Landschafts- und Kulturgeschichte.....	2
1.3 Konzept der Arbeiten	4
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET STUTTGARTER TALKESSEL.....	6
2.1 Landschaftsgeschichte	6
2.2 Fazit	14
3 PROBENBEZEICHNUNGEN	14
4 GEOWISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGEN	17
4.1 Bodenprofile	17
4.2 Bohrkern	18
4.2.1 Korngrößen	18
4.2.2 ¹⁴ C-Datierungen	19
4.2.3 δ ¹⁵ N und δ ¹³ C Isotope und C/N-Verhältnis	20
4.2.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	21
4.3 Schwermetallsignaturen im Stuttgarter Talkessel	22
4.3.1 Schwermetallgehalte im Liefergebiet	23
4.3.2 Mobilität der Schwermetalle	25
4.3.3 Schwermetallgehalte in den Bodenproben.....	29
4.3.4 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.....	31
4.3.5 Fazit und Ausblick	32
4.4 Fazit Geologie und Landschafts-genese	34
5 BOTANISCHE UNTERSUCHUNGEN (POLLEN UND PFLANZLICHE MAKRORESTE).....	35
5.1 Methodik	35
5.1.1 Aussagen zu den Beprobungsstellen der botanischen Untersuchungen.....	37
5.2 Ergebnisse und Diskussion.....	38
5.2.1 Pollenprofil I (P+117-019_150703, Mitte-Süd).....	38
5.2.2 Pollenprofil II (P+138-009_160403, Mitte-Nord)	40
5.2.2.1 Pollen	40
5.2.2.2 Pflanzliche Makroreste	43
5.2.3 Pollenprofil IV (P+247-020_160812, Düker).....	43
5.2.4 Pollenprofil III (B+158-215_160798, Bohrkern).....	46
5.2 Fazit Botanik	48

6 ARCHÄOLOGIE	35
6.1 Ausgangslage.....	49
6.1 Entdeckungen auf der Bahnhofsbaustelle S 21	49
6.1.1 Neuzeitliche Strukturen	50
6.1.2 Römer- und Völkerwanderungszeit	51
6.1.3 Eine junge Frau aus der Bronzezeit	52
6.1.3 Zwischenstand der archäologischen Untersuchungen	53
7 GESCHICHTSWISSENSCHAFTEN	54
7.1.1 Bemerkungen zur Besiedelungsgeschichte des Stuttgarter Tals	54
7.1.1 Bemerkungen zu den naturräumlichen Gegebenheiten im Stuttgarter Tal	55
7.1.2 Nichtanthropogene Streufunde im Talkessel	55
7.1.3 Eingriffe des Menschen in die naturräumlichen Gegebenheiten	57
7.2.1 Historische Grundlagen	58
7.2.2 Gewonnene und entgangene Erkenntnisse der Archäologie und deren Bedeutung für eine moderne Stadt.....	60
7.3.1 Archäologische Hinweise auf die Besiedelung des Stuttgarter Tals.....	63
7.3.2. Stuttgarts Geschichte „vertieft“ sich	64
7.3.3 Stuttgart im 13. Jahrhundert und die „Burgenfrage“	65
7.4 Fazit	67
8 TRANSDISZIPLINÄRES ARBEITEN	68
9 AUSBLICK AUF EINE KÜNSTLERISCHE UMSETZUNG DER LANDSCHAFTS- UND KULTURGESCHICHTLICHEN INFORMATIONEN ZUM STUTTGARTER TALKESSEL.....	69
10 ZUSAMMENFASSENDES FAZIT	70
11 LITERATUR	71
ANHANG I.....	A1
ANHANG II	A24

0.1 Zusammenfassung

Die Untersuchungen an einem Bohrkern und an fünf weiteren Aufschlüssen im Baufeld Stuttgart 21 im Mittleren Schlossgarten erbringen erste Ergebnisse, die das Potential der Sedimente für grundlegende Informationen zur Interaktion Mensch-Umwelt im prähistorischen Umfeld und das Werden einer Stadt aufzeigen. Pollen- und botanische Großrest-Analysen an den Sedimenten sind im Zuge dieses Projektes bis März 2017 durchgeführt worden und laufen im Rahmen einer Promotionsarbeit am Institut für Botanik der Universität Hohenheim noch weiter. Neben petrographischen und sedimentologischen Analysen wurden im Projekt u.a. Korngrößen, Gesamtgehalte einer Reihe chemischer Elemente, $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ Isotopenanalysen durchgeführt sowie Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht. Verbindung zwischen Landnutzung, Erosion und Sedimentation stehen dabei im Mittelpunkt, aber auch der Einfluss von Gewässern und deren Regulierung auf die frühe Besiedelung und die Stadtentwicklung wird untersucht. Vielversprechende Ergebnisse liegen hierzu bereits vor, zudem geben erste historisch-geochemische Recherchen Auskunft zum Bergbau des 16. und 17. Jhs. im Stuttgarter Talkessel. Eine Fortführung des Projektes könnte bei differenzierterer und umfassenderer Herangehensweise weitere wichtige Ergebnisse erbringen. Die sich im Rahmen der S21 Großbaustelle bietenden Gelegenheiten für Probenahmen an den gerade jeweils kurzfristig freigelegten Sedimenten sowie an den zur Verfügung gestellten Bohrkernen stellen einmalige naturwissenschaftliche und historische Einblicke in Aussicht. Der gewählte inter- und transdisziplinäre Ansatz ist bei den zu bearbeitenden Fragestellungen unerlässlich.

0.2 Abstract

The investigation of a drilling core and of five excavations at the construction site Stuttgart 21 in the 'Mittlere Schlossgarten' provide initial results that demonstrate the potential of these sediments for basic information regarding human-environment interactions in a prehistoric context as well as providing information regarding the development of a city. In addition to petrographic and sedimentological analyses, including texture analysis, total content of various elements, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isotope analysis, polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) analysis, as well as pollen and macro botanical analysis were carried out on the sediments within the project, and the botanical analyses are ongoing within a doctoral thesis. Thereby, the focus is set on land use, erosion and sedimentation. Also, the importance of water and water-management to early settling and urban development is highlighted. However, promising results are examined so far. In addition, first historical-geochemical research has provided information on mining activity during the 16th and 17th century in the Stuttgart valley. Further important results could be achieved with more specialised and comprehensive research and analysis, should this project be continued. Sampling opportunities opening up briefly within the Stuttgart 21 construction site on large-scale exposed sediments and provides drill cores present a unique opportunity for geological, vegetational and historical insight into the Stuttgart catchments. The selected inter- and transdisciplinary approach is crucial to the answering of the posed scientific questions.

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Der Mittlere Schlossgarten in Stuttgart erweist sich als ein Sedimentationsraum, bei dem es über Jahrtausende zu kontinuierlichen und bis heute erhaltenen Ablagerungen kam. Das so entstandene über 10 m mächtige Schichtpaket ist als herausragendes Geoarchiv anzusehen. Hierzu trägt die Lage am Ausgang des Nesenbachtals bei. Das durch tektonische Beeinflussung und die erosive Ausräumung des Nesenbachs und seiner Zuflüsse entstandene relativ kleine Einzugsgebiet mit seinen häufig tonigen Böden wird auch als Stuttgarter Bucht oder Stuttgarter Talkessel bezeichnet. Seit August 2014 finden im Mittleren Schlossgarten in Stuttgart umfangreiche Abgrabungen beim Bau des Tiefbahnhofs Stuttgarts (Stuttgart 21) statt.

Damit sind die unmittelbar erkennbaren Punkte genannt, auf Grund derer die sedimentologisch-pollenanalytisch-bodenkundlich und historischen Untersuchungen als besonders vielversprechend anzusehen sind. Diese, die Untersuchungen begünstigenden Punkte sind hier kurz erläutert:

- Kleines Einzugsgebiet - In kleinen Einzugsgebieten lassen sich Sedimente vergleichsweise gut den Quellen der Sedimente (Liefergebiete) zuordnen. Dies ist bei großen Einzugsgebieten und größeren Flüssen mit zahlreichen Quellen und vielfacher Durchmischung häufig nicht möglich. Sehr bemerkenswert ist das Kontinuum der Sedimentation im Mittleren Schlosspark, das nicht oder nur wenig durch Abtrag unterbrochen wurde.
- Tonige Böden - Niederschläge werden von den im Talkessel mit einem großen Anteil vorkommenden lehmig-tonigen Böden mit Trockenrissen rasch aufgenommen. Sind diese wassergefüllt oder bei feuchtem Boden geschlossen, kann es zu extremem Oberflächenabfluss und damit zu gravierenden Erosions- und Überschwemmungsereignissen kommen.
- Stuttgart, Stuttgarter Talkessel - Die Lage Stuttgarts am Ausgang eines Talkessels ermöglicht die Untersuchung der Schnittstelle Landschafts- und Kulturgeschichte, da vor allem die jüngeren Ablagerungen im Mittleren Schlossgarten zunehmend auch urbane Materialien enthalten und Hinweise zu Stadtwerdung und -entwicklung liefern. Die Senkenlage des Mittleren Schlossgarten bedingt einen über Jahrtausende anhaltend hohen Grundwasserstand und damit gute Erhaltungsbedingungen für organische Sedimente, wie Pollen oder Dauerstadien von Parasiten.
- Tiefbahnhof - Wie die Bauarbeiten eine unwiederbringliche Zerstörung des Archivs Mittlerer Schlossgarten bedeutet, so ermöglichen die Baugruben und Bohrkerne einen einmaligen Einblick in die Landschafts- und Kulturgeschichte.

1.2 Vorgeschichte des Projekts zur Landschafts- und Kulturgeschichte

Bei einer Begehung des Mittleren Schlossgartens im Rahmen der Stadtbodenkartierung Stuttgart um 1993 waren weitgehend natürliche Böden zu erkennen. Beim Blick in den damals offenen Rohgrabens zur Installation der Frisch- und Abwasserversorgung für eine gastronomische Einrichtung zeigte sich der Mittlere Schlossgarten als städtische Nische weitgehend natürlicher Böden.

Abweichend hiervon befindet die Planfeststellungsgenehmigung für den Bau des Tiefbahnhofs im Mittleren Schlossgarten jedoch: „Auf den in Anspruch genommenen Flächen liegen ausschließlich geringwertige, stark gestörte Böden vor“ (Eisenbahn-Bundesamt 2005).traten

Mit Kenntnis der wenig gestörten Böden im Mittleren Schlossgarten und dem damit erkennbaren Bedarf der Dokumentation dieser Böden, wurden mit Zustimmung der Bahn im November 2012 auf der S21-Baustelle Bodenmonolithe entnommen, um daraus Bodenexponate herzustellen. Beim Bergen dieser Bodenmonolithe kam es zum Fund einer steinernen Portraitbüste, die in 1,2 m Tiefe in einem offenen Rohrgraben zufällig entdeckt wurde. Diesen „Steinkopf“ datierte Dr. Fritz Fischer vom Landesmuseum Baden-Württemberg auf Mitte des 14. Jahrhunderts, während das Landesdenkmalamt den Fund dem 18. Jahrhundert zuordnete.

Lehmann (2015) zeigt den im Mittleren Schlossgarten vorgefundenen Boden, bei dem eine obere bräunliche, lössdominierte Lage von einer unteren, rötlichen, von Keupersub bestimmten Lage zu unterscheiden ist. Muschelschalen weisen diese basale Lage als Auensediment des Nesenbachs aus. Angesichts der Situation, wie sie im Mittleren Schlossgarten vorgefunden wurde, kam es zu ersten kultur- und landschaftsgeschichtlichen Recherchen. Demnach sind für Stuttgart zahlreiche Überschwemmungen durch den Nesenbach dokumentiert, die mit Sicherheit auch den Mittleren Schlossgarten erreichten. Für die Jahre 1272, 1306, 1343, 1368, 1374, 1430, 1433, 1481, 1492, 1508 und 1652 n. Chr. belegt (Schäfer 2012). Eine ¹⁴C-Analyse von Holzkohlestücken aus der Nähe des Fundorts der Portraitbüste und aus entsprechender Tiefe wurde mit 84 % Wahrscheinlichkeit auf das Jahr 1250 n. Chr. datiert. Daraufhin wurden zwei Grabungen bis in eine maximale Tiefe von 2,9 m gemeinsam mit dem Landesamt für Denkmalpflege und logistischer Unterstützung der Bahn vorgenommen.

Die Auswertung der Grabungen machte die sehr günstige Situation erkennbar, nach der sowohl Sedimente als auch archäologische Artefakte über einen Zeitraum von mehr als 500 Jahren nahezu vollständig erhalten blieben. Diese Erkenntnis war das Ergebnis von Vor-Ort-Beobachtungen, der Datierung keramischer Scherben, von ¹⁴C-Analysen sowie geochemischer und sedimentologischer Untersuchungen (s. Anhang II und Tabelle A10). In der Folge kam es dann auch mit dem Baufortschritt von S21 zu verschiedenen archäologischen Funden. Ein offener Kanal bzw. Brückenbauwerk aus massivem Schilfsandstein mit einem Balkenfundament aus Nadelholz, die dem Ausbau des Schlossgartens im frühen 19. Jahrhundert zuzuordnen ist (Oktober 2013 und Oktober 2015), ein Kanal aus vergleichsweise dünnen Schilfsandsteinplatten, dessen Funktion sich noch nicht vollständig erschließt, aus dem 17. Jahrhundert (April 2014), römische Brennöfen sowie germanische Siedlungsspuren aus dem 2. bzw. 4. Jahrhundert n. Chr. (September 2014). Im Juli 2015 kam es dann auch zum Fund von einem bronzezeitlichen Frauengrab (s. Kapitel 6).

Ein lebhaftes Interesse der Öffentlichkeit an den bodenkundlichen und archäologischen Arbeiten im Mittleren Schlossgarten zeigt die Berichterstattung der Stuttgarter Zeitung an. So berichtete diese Tageszeitung von 2012 bis 2016 achtmal ausführlich über die beschriebenen Arbeiten.

Weiterhin bemerkenswert ist die Dichte der Erkundungsbohrungen im Bereich, in dem sich gegenwärtig die Tiefbahnhofsbaustelle befindet. Die hohe Anzahl an Bohrungen war Anlass für den Antrag des hier beschriebenen Vorhabens. Mit Projektbeginn wurden von der Bahn sieben Bohrkernkerne übergeben, wovon sich einer als geeignet für intensivere Untersuchungen erwies. Im Oktober 2016 übermittelte die Bahn die entsprechenden Bohrkernbeschreibungen für den Bereich des Mittleren Schlossgartens weitgehend vollständig.

Die transdisziplinäre Ausrichtung des hier dargestellten Projekts begründet sich mit der Eigenheit des Untersuchungsobjektes. In einem kleinen Einzugsgebiet mit teilweise hoher Reliefenergie, in

dem sich in den vergangenen etwa 900 Jahren eine Großstadt entwickelte, müssen sich Überschneidungen von Natur- und Landschaftsgeschichte im Sedimentationsgeschehen ergeben. Diesem Umstand wollen das Projekt und der vorliegende Projektbericht gerecht werden, indem sowohl naturwissenschaftliche, als auch geisteswissenschaftliche Herangehensweisen einen intensiven Austausch praktizieren. Dieser vielversprechende Ansatz, der dazu beitragen kann, die teilweise Vernachlässigung der vorgeschichtlichen und geschichtlichen Forschung im Stuttgarter Raum zu überwinden, ist mit Blick auf eine Finanzierung von Folgeprojekten problematisch. Grund hierfür ist der Mangel an Disziplinen übergreifender Fördermöglichkeiten. Obschon sich das einjährige Projekt als Machbarkeitsstudie versteht, zeigen die Ergebnisse eindeutig deren überregionale Bedeutung. Diese ist insbesondere auf die außergewöhnliche Dynamik der Erosions-, Überflutungs- und Sedimentationsgeschehens im Stuttgarter Talkessel zurückzuführen. Die Darstellung dieser Stoffflüsse über einen Zeitraum von 10 000 Jahren ermöglicht auch Rückschlüsse auf Naturgefahren durch Überflutung in der gegenwärtigen Periode des anthropogenen Klimawandels. Nicht zuletzt sei darauf hingewiesen, dass das Projekt zur Landschafts- und Kulturgeschichte am Schnittpunkt zur Öffentlichkeitsarbeit angesiedelt ist und damit der in Stuttgart erkennbaren neuen Aufmerksamkeit für geschichtliche Fragen gerecht werden. Dies ist auch an der Beteiligung von Filmschaffenden zu erkennen (s. Kapitel 9).

1.3 Konzept der Arbeiten

Die vorgesehenen sedimentologischen und pollenanalytischen sowie die chemischen, die $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ Analysen als auch die ^{14}C -Altersdatierungen wurden durchgeführt – dies unter Verwendung von Eigenmitteln in meist deutlich höherem Umfang als vorgesehen. Durch fast vollständiges Ableisten des personellen Aufwands im Rahmen der Lehre und Ausbildung, von Eigenmitteln und durch freiwillige Mehrarbeit konnten die zur Verfügung gestellten Sachmittel äußerst effizient eingesetzt werden.

Zusätzlich erlaubte eine Mittelumwidmung die Analyse botanischer Großreste sowie umfangreiche historische Recherchen. Außerdem kam eine vergleichende Interpretation der Schwermetallgehalte in den Sedimenten und der Gesteinsformationen im Liefergebiet der Sedimente zur Umsetzung. Darüber hinaus wurde statt der beantragten drei Workshops ein halbtätiger Workshop zur Bohrkerninterpretation, ein ganztägiges moderiertes Fachgespräch sowie ein halbtägiger Workshop zur Karteninterpretation veranstaltet. An dieser Stelle sei der Leibinger Stiftung für die großzügige Unterstützung dieser Veranstaltungen gedankt. Damit überschritt das Projekt den gesetzten Rahmen als Machbarkeitsstudie deutlich. Mit tatkräftiger Unterstützung des Landesamtes für Denkmalpflege konnten einige der sich bei den fortschreitenden Bauarbeiten am Tiefbahnhof ergebenden Aufschlüsse jeweils zeitnah beprobt und teilweise bereits analysiert und ausgewertet werden. Die positive Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg, vor und während dieses Projekts hat sich in einem Kooperationsvertrag zwischen dem Landesamt für Denkmalpflege und den Universitäten Hohenheim und Tübingen niederschlagen. Dadurch werden nach Projektende einige dringliche Arbeiten weitergeführt und eine öffentlichkeitswirksame Darstellung der Ergebnisse auf Servern des Landesdenkmalamtes und der Universität Hohenheim realisiert werden. Weiterhin stehen konkrete Arbeitsprogramme im Bereich von Biomarkern, Mineralogie und Feinstratigraphie durch Kontakt mit Wissenschaftlern der Universität Mainz, des KIT und des Naturkundemuseums Stuttgart vor der Umsetzung.

Die folgenden Kapitel beziehen sich auf unterschiedliche Bereiche des Mittleren Schlossgartens, bzw. des Planfeststellungsabschnitts 1.1 von Stuttgart 21 oder beziehen den gesamten Stuttgarter Talkessel mit ein.

2 Untersuchungsgebiet Stuttgarter Talkessel

Der Stuttgarter Talkessel lässt sich morphologisch sehr gut abgrenzen (s. Abbildung 1 und 2). Im Süden und Osten bricht die Filderebene nach einem waldbestandenen Übergang steil in den Talkessel ab. Die Randhöhen westlich des Birkenkopfs liegen im Keuper. Im Norden und Nordwesten des Kessels ist die angrenzende Hochfläche nur noch als schmaler unbewaldeter, zum Neckar hin als ein an Höhe abnehmender Sporn erhalten (Kräherwald).

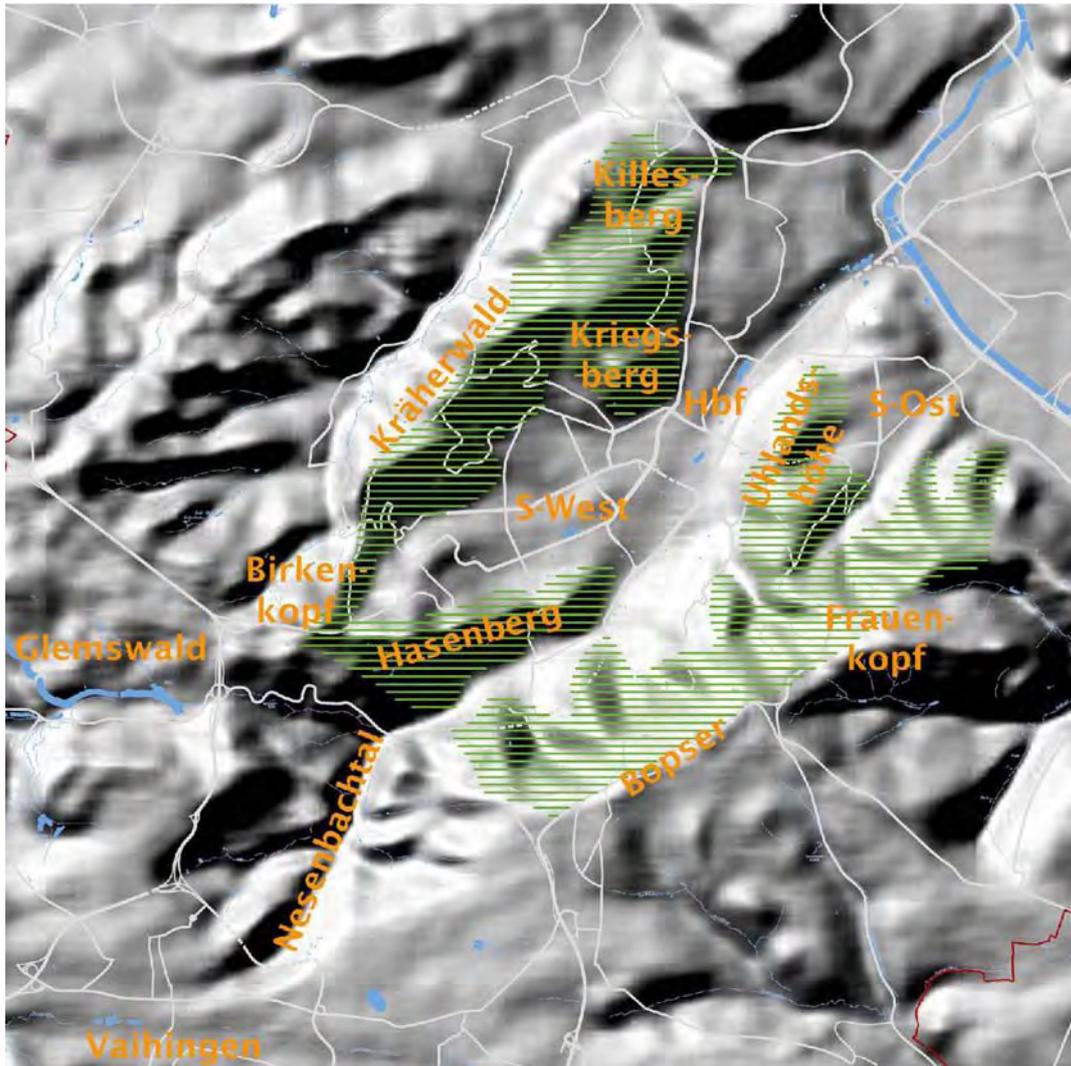


Abbildung 1: Topographie des Stuttgarter Talkessels, die Schraffur kennzeichnet die Begrenzung des Kessels (Baumüller, 2004, verändert)

2.1 Landschaftsgeschichte

Der Stuttgarter Talkessel gilt als weitgehend abgeschlossenes Einzugsgebiet des Nesenbachs und ist durch tektonische Bewegung, Erosion und Ausräumen durch den Nesenbach und seiner Zuflüsse entstanden. Das Tal ist zu großen Teilen durch tonige Böden aus Substraten der Keuperformationen geprägt.

Der Nesenbach hat eine Länge von 12,7 km, ein Einzugsgebiet von 36,33 km² und fällt auf seinem Weg von den Honigwiesen in Vaihingen bis zum Neckarknie bei Bad Cannstatt unterhalb des Rosensteins um 248,4 m Höhe, von 462 m ü NN auf 213,6 m ü NN.

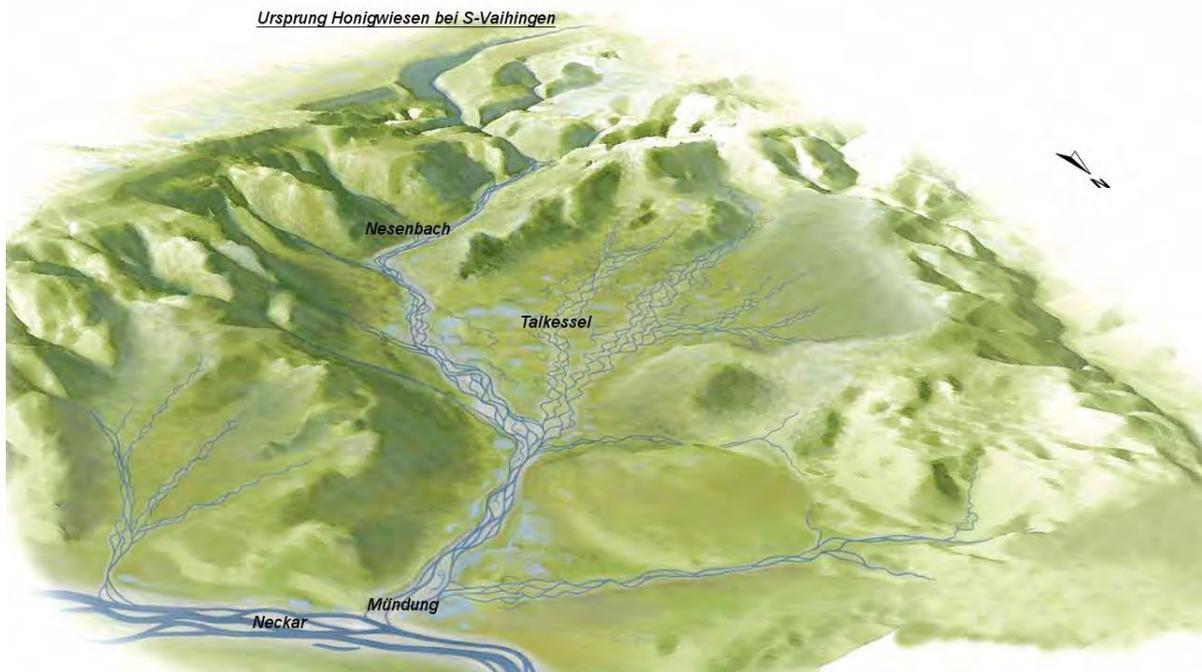


Abbildung 2: Der Nesenbach vor 12 000 Jahren. Der Bereich des Mittleren Schlossgartens ist im Bereich der Zusammenflüsse in der Bildmitte zu verorten (verändert nach Mailänder, 2016)

Die Tektonik bestimmt das Talnetz

Im Bereich des Stuttgarter Talkessels zerlegte eine Schar tektonischer Störungen das Gestein so intensiv und kleinräumig, dass selbst der vergleichsweise kleine Nesenbach das Tal von Südwest nach Nordost ausräumen konnte. Viele weitere spitzwinklig und quer dazu verlaufende Verwerfungen und Klüfte geben die Richtung der Nebenbäche und Klingen vor.

Die Vorgänge an der Erdoberfläche werden gesteuert durch Bewegungen im Erdinneren. Als Ergebnis der Tektonik sehen wir in Bad Cannstatt nördlich des Neckars graue Kalksteinschichten aus dem Zeitalter des Muschelkalks und rote Tonsteinschichten des Keupers südlich des Neckars (vgl. Abbildung 3). Die Verwerfungen betragen über 100 m, die Störungen reichen bis tief in die Erdkruste. Aus dem Erdmantel in über 30 km Tiefe dringt Kohlendioxid an die Erdoberfläche und in das Grundwasser sowie in die Oberflächengewässer. Dieser inneren Dynamik folgt die Erosion (Abtrag von der Oberfläche, hier Erdoberfläche) und Subrosion (unterirdischer Abtrag, hier durch Abtransport löslicher Stoffe) zum Neckar.

Die Bedeutung der Subrosion wird mit dem Hinweis verdeutlicht, dass dadurch das grundwasserführende Muschelkalkstockwerk im Stuttgarter Talkessel angezapft wurde und sich damit das Einzugsgebiet des Nesenbachs unterirdisch bis in die Gäulandschaft bei Sindelfingen vergrößerte. Folgerichtig erstreckt sich heute das Schutzgebiet der Mineralquellen von Stuttgart-Bad Cannstatt bis dorthin.

Bach ohne Quelle

Der Nesenbach kommt aus den Honigwiesen in Vaihingen, einem Teil der Filderebene auf dem Niveau des Unterjuras. Die Honigwiesen bilden den Überlauf eines heute stark städtebaulich überprägten Feuchtgebietes, es gibt keine Nesenbachquelle.

Die Schichtenfolge von Unterjura und Keuper besteht aus einem Wechsel von Kalksteinen und Sandsteinen mit offenen, wasserführenden Klüften und wasserstauenden Tonsteinen mit feinen, kapillar wirksamen Klüften. Deshalb entspringen die vielen kleinen Nebenbäche des Nesenbachs auf beiden Talseiten in Schicht-, Spalten- und Schuttquellen. Die Gerinne im Gipskarst entwässern über den Hangschutt in die Talfüllung.

Bildung des Talkessels durch Erosion, Subrosion und Rutschungen

Erdfälle, Rutschungen und Bergstürze ringsum an den Hängen sind das Ergebnis der Auflösung (Subrosion) von Gipsschichten im Gipskeuper. Besonders eindrucksvoll sind fünf jeweils 200 x 200 m große, Rutschungen vom Hasenberg und der Karlshöhe links des Nesenbachs und zwei noch größere Rutschungen auf der Gegenseite des Fließgewässers.

Der Talkessel ist das Ergebnis oberirdischer Erosion und unterirdischer Subrosion. Besonders hohe Absenkungen entstehen bei der Auflösung der 18 m mächtigen Grundgips- Schicht. Von tektonischen Störungen ausgehend entstehen auch heute noch Erdfälle von einigen Metern Durchmesser. Bei fortschreitender Rückverlagerung der Talhänge führt die Subrosion zu mehreren Zehnermeter großen Karstwannen, diese wachsen zusammen bis schließlich das gesamte lösliche Gestein in der Talaue verschwunden ist.

Vor der Kanalisierung des Nesenbachs haben sich in den tieferen Bereichen der Subrosion Sümpfe mit Torf und Faulschlamm gebildet. So konnte das Alte Schloss als Wasserburg in einem Sumpfgebiet gebaut werden.

Die Böden im Schlossgarten – Dokumente der Erd- und Kulturgeschichte

Bei der Erosion wird von den Hängen ständig Material talwärts transportiert, Blöcke und Steine bewegen sich aus den verwitterten Kalksteinen im Unterjura und den Sandsteinen aus dem Keuper abwärts. Sand, Schluff und Ton stammt überwiegend aus den Schichten des Keupers.

Vor der Kanalisierung wurde bei jedem der episodisch auftretenden Starkregen der Bachlauf verlegt, er pendelte zwischen den Talrändern (s. Abbildung 2). In der Talfüllung finden wir daher im Bereich höherer Fließgeschwindigkeiten abwechselnd gröberen und feineren Schutt, Kies und Sand. In den Stillwasserbereichen und bei ablaufender Flut blieben feinkörnige Ablagerungen als Auenlehm bis zu den Talrändern liegen. In den abgeschnittenen Altwässern und in den Gipskarstlöchern bildete sich Faulschlamm.

Zeitmarken der Geschichte

Zusätzlich zu den Gesteinsschichten des Unterjuras und des Keupers um den Talkessel herum liefert auch der Löss, das Staubsediment aus den Kaltzeiten des Eiszeitalters, Material von den Höhen in die Talfüllung des Nesenbachs. Die Erosion der Lössgebiete setzte verstärkt ein, als vor 7 000 – 8 000 Jahren der Ackerbau begann.

Das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Absenkung durch die Subrosion und Auffüllung der Talaue werden in einer Bohrung (im Folgenden mit B+158-215 bezeichnet) im Bereich des Königin-Katharina-Stifts erkennbar. Unmittelbar ist damit zu erkennen, dass die Talfüllung dort bis zu 17,30 m mächtig ist und Proben aus 8,45 m Tiefe ein ¹⁴C- Alter von 7 420-7 260 Jahren aufweisen. Die Sedimente selbst und die eingebetteten Fossilien sind Zeitmarken. Zwei Stufen der Entwicklung der menschlichen Zivilisation dokumentieren Ziegelstücke in 7,80 m und Glasscherben in 4,30 m Tiefe (s. Kapitel 4.2).

Als Bestandteil der Talfüllung finden wir Travertin und Travertinmergel vom Neckar bis zum Schlossplatz. Beim Quellaustritt verliert das Wasser einen großen Teil des Kohlendioxids und damit auch gelösten Kalk. Der Sauerwasserkalk überkrustet den Untergrund, Tier- und Pflanzenreste.

Warme Quellen waren nicht erst den Römern willkommen. Schon die Menschen der Steinzeit hatten hier ihre Lager. Neben Feuersteinwerkzeugen und Skeletten der Jagdbeute, darunter auch Mammuts, wurde im Travertin auch das Schädeldach eines *Homo sapiens* gefunden.

Im Detail: Ursprung und Seitenflüsse des Nesenbachs

Im Detail findet sich der Ursprung des Nesenbachs im gegenwärtig bebauten Gebiet, das nördlich an die heutige Anschlussstelle Vaihingen und dort in einer Grünfläche, die etwa 20 m nördlich der Pascalstraße und 30 m in der südlichen Verlängerung der Ostbegrenzung eines Fußballplatzes gelegen ist.

An Zuflüssen des Nesenbachs ist am Oberlauf, am nördlichen Ortsausgang von Kaltental der südlich von Sonnenberg zulaufende Kohlbach zu nennen. Auf selber Höhe nähert sich von Westen, allerdings verdohlt, der Elsenbach. Wenige Meter weiter im Nesenbachverlauf wird der Nesenbach durch einen namenlosen Bach aus der Schwäblesklinge, aus einem renaturierten Bachabschnitt nördlich von Sonnenberg gespeist. Am Südwestende von Heschlach münden, auf den letzten Metern unterirdisch fließend, der Bach aus der Zwickenbergklinge und der aus der Heidenklinge. Letzterer kommt durch die künstlichen Stollen aus dem Pfaffensee. Die Zuflüsse im mittleren Abschnitt lassen sich heute nur noch erahnen. Aus der Wernhalde kam von rechts der Fangelsbach und der Dobelbach. Der aus dem Bereich der Sonnenbergstraße kommende Dobelbach mündet beim Charlottenplatz. Der Westkessel wurde vom Vogelsangplatz geprägt. Dieser entsprang westlich des Birkenkopfs und floss unterhalb des Lustgartens von Westen in den Nesenbach. Im breiteren Talverlauf mündeten meist namenslose Rinnsale, außer dem unterhalb des Rosensteins zufließenden Störzbach, der sich beim Berger Zollhaus in den Nesenbach ergoss (Gohl, 2002).

Die Bedeutung als natürliches Gewässer verlor der Nesenbach durch seine Nutzung als Hauptsammler der Stuttgarter Stadtentwässerung.

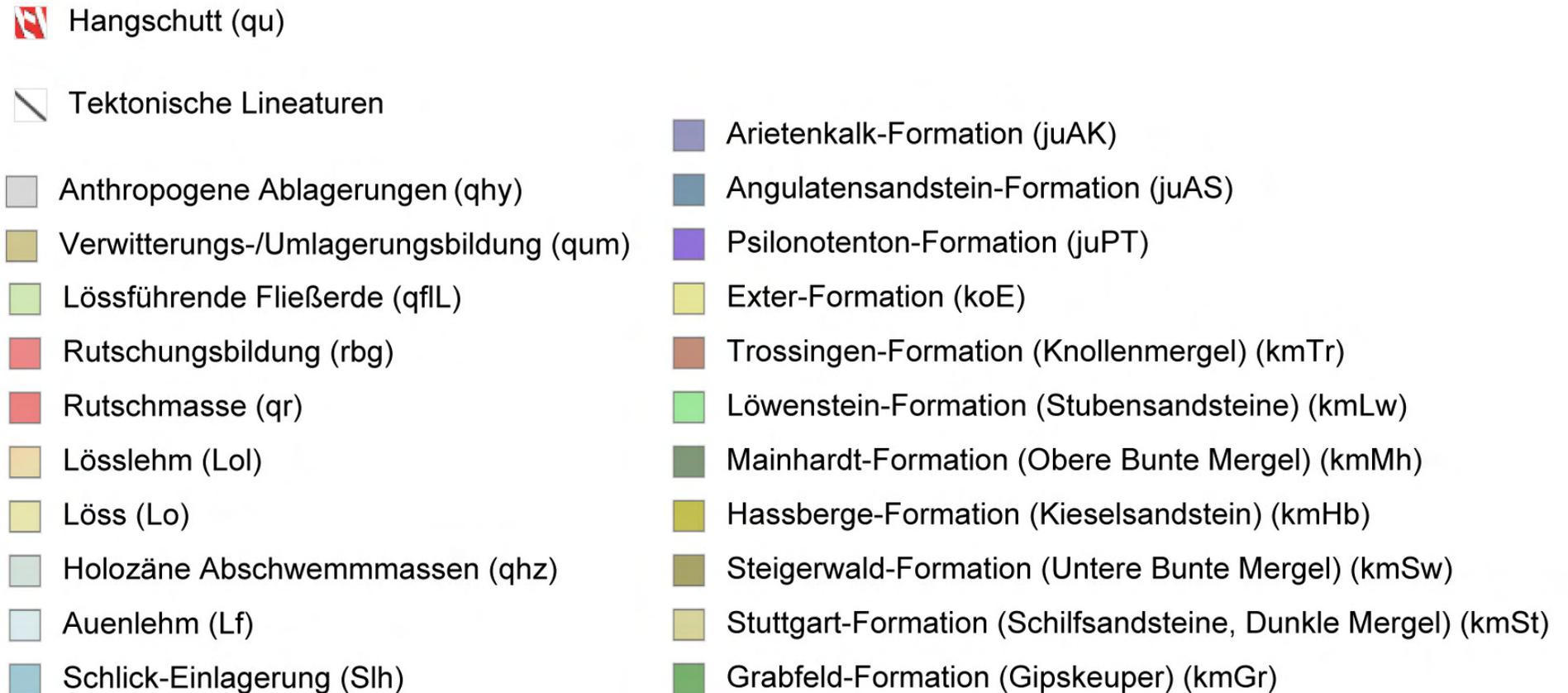


Abbildung 3: Geologie und Tektonik des Stuttgarter Talkessels (erstellt nach Informationen von <http://maps.lgrb-bw.de/>).

Geologie im Einzugsgebiet des Nesenbachs

Die hier beschriebenen geologischen Formationen sind in Abbildung 3 und 4 dargestellt.

Quartär

Nur der Ursprung des Nesenbach ist in einer quartären Lage im Löß gelegen. Das gelblich, staubfeine, karbonatische Material stammt aus den Überschwemmungsbereichen der kaltzeitlichen Flüsse. Von dort wurde es mit dem Wind ausgetragen.

Unterjura

Im Einzugsgebiet des Nesenbachs liegt der Löss auf den Kalkstein-Schichten des Unteren Juras, die als morphologisch harte Schichten die Filder-Verebnung bilden. Darunter liegen insgesamt 35 m Schichten von Mergeln, Sandsteinen, Kalksteinen und z.T. schwarzen bituminösen Tonsteinen des "Schwarzer Juras".

Oberer Keuper (Rhät)

Die jüngsten im Gebiet von Stuttgart erhaltenen Schichten der Trias bestehen aus 2-3 m mächtigen Sandsteinplatten und Tonlagen. Wegen der geringen Mächtigkeit sind sie auf der Geologischen Karte nicht dargestellt.

Mittlerer Keuper (Grundgipsschichten bis Knollenmergel)

Knollenmergel

Rote Ton- und Schluffsteine mit einer Mächtigkeit von 30 m bilden im Talkessel den Knollenmergel.

Stubensandstein

Über 60 m reichende Lagen bestehen aus kaolinreichen Sandsteinen und Tonsteinlagen des Stubensandsteins.

Obere Bunte Mergel

Violette, rote und grünliche Tonschichten der Oberen Bunten Mergel sind 15 m mächtig.

Kieselsandstein

Der Kieselsandstein wird von einem 5 m mächtigen grobkörnigen kaolinreichen Sandstein gebildet.

Schilfsandstein

Die 20-30 m messende Lage des Schilfsandsteins bildet graugrüner und roter, feinkörniger, dünn-schichtig bis dickbankiger, z.T. tonflaseriger, glimmeriger Sandstein mit tonigem oder quarzreichem Bindemittel

Gipskeuper

Der bis zu 110 m mächtige Gipshorizont kann bis auf eine Restmächtigkeit von örtlich unter 10 m abgetragen sein. Er gibt sich in den oberen Metern mit rotbraunen, violetten, graugrünen und grauen Tonsteinen zu erkennen, aber auch mit gebankten und knolligen Sulfatgesteinen. In der weiteren Abfolge tritt grüngrauer Tonstein auf, der nach oben von zwei dolomitischen Bleiglanzbanken abgeschlossen ist. Diese zeichnen sich durch hohe Bleigehalte aus.

Grundgipsschichten

Überdeckte Grundgipsschichten sind 8-13 m mächtig. Am Hang führen Auslaugungsfronten zu Rutschungen und Erdfällen. An der Erdoberfläche sind die Grundgipsschichten fast überall ausgelaugt.

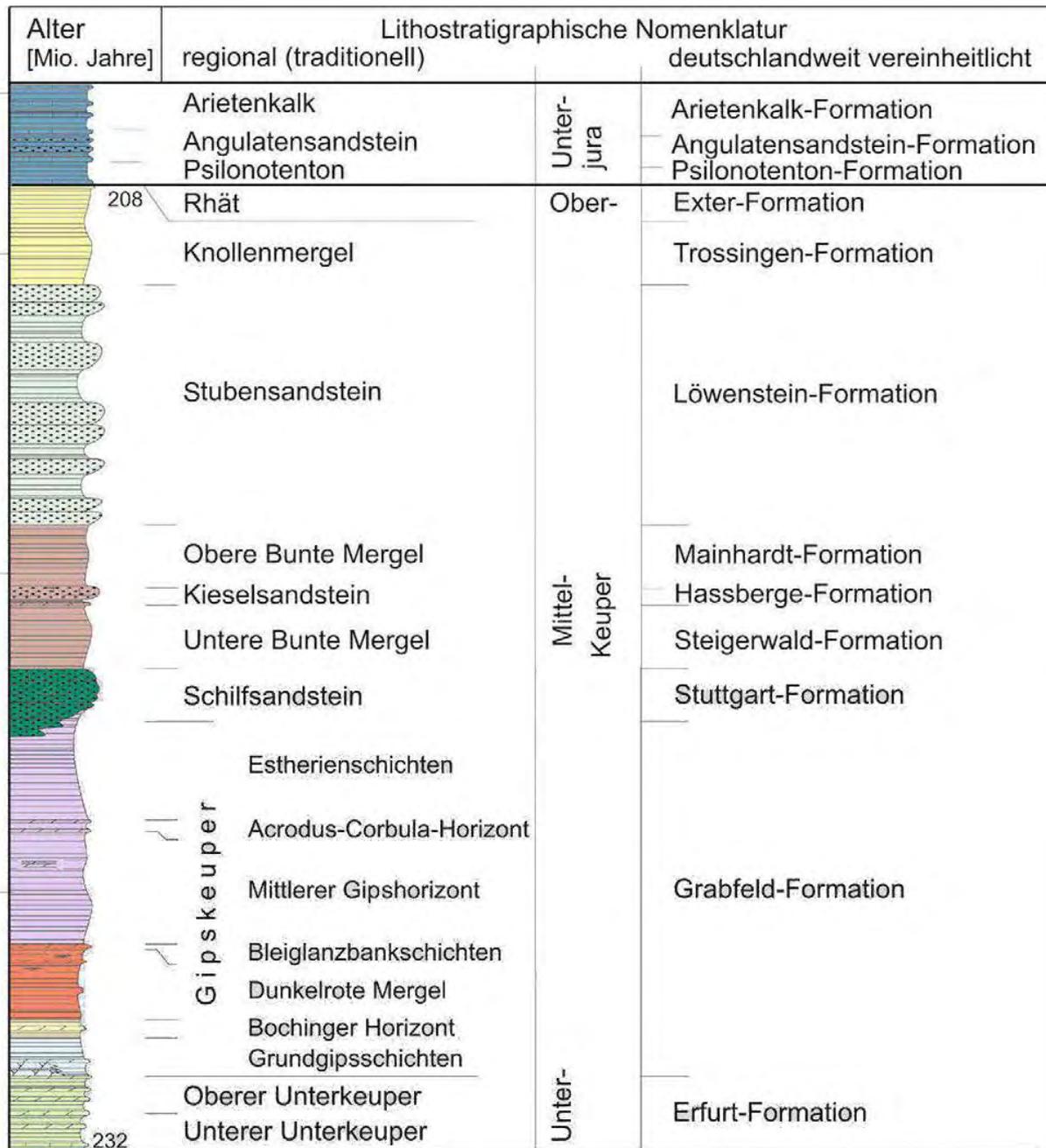


Abbildung 4 Vollständige Geologie im Stuttgarter Talkessel bis zum Unteren Unterkeuper wie sie vom Nesenbach teilweise durchflossen wurde. Die Färbung der Grafik deutet die Gesteinsfarbe an, die Rundungen am rechten Rand der Grafik symbolisieren die Ausprägung des Oberflächenreliefs im entsprechenden Gebiet an (Ufrecht et al. 2015, verändert)

2.2 Fazit

Die Ablagerungen in den Talfüllungen sind Dokumente der Erd- und Kulturgeschichte. In den Bohrkernen zeigen die Sedimente den ständigen Wechsel von Erosion und Sedimentation, den Wechsel von Warm- und Kaltzeiten, das Pendeln der Bachläufe zwischen den Talhängen und die menschliche Nutzung.

Mit der zunehmenden Bebauung der Talsohle wird der Abflussquerschnitt verengt. Jede folgende Flut wird so bei gleicher Wassermenge höhere Wasserstände erreichen, bzw. einen immer größeren konstruktiven Retentionsraum erfordern. Die vielfältige Geologie mit teilweise rutschanfälligen und leicht erodierbaren Gesteinen sowie das streckenweise steile Relief des Stuttgarter Talkessels begünstigen bis heute die Abtragung – trotz flussbaulicher Eingriffe und Sicherungsmaßnahmen an den Talhängen.

3 Probenbezeichnungen

Die von Ost nach West verlaufende Strecke von 269 m zwischen dem Bahnhofsturm und dem Planetarium sowie die hiervon nördlich und südlich abweichenden Entfernungen werden zur Bezeichnung der Proben genutzt (s. Abbildung 5).

Alle Probebezeichnungen beginnen mit einem Großbuchstaben. Bisher werden hierfür B für Bohrkern, P für Profilaufschluss und S für Baggerschurf verwendet. Dem Großbuchstaben folgt ein „+“, um die Entfernung in m von der Ostecke des Bahnhofsturms anzugeben (z.B. P+100). Liegt der Ort der Probenahme nicht auf der besagten Linie, sondern weicht beispielsweise 10 m nördlich davon ab, wird dies mit „P+100+10“ bezeichnet, bei einer südlichen Abweichung wird entsprechend „-“ verwendet. Die nördlichen und südlichen Abweichungen werden ermittelt, indem die im rechten Winkel von der Ost-West-Strecke abweichende Entfernung gemessen wird. Als letzte Zahlenangabe folgt nach einem „=“ die Tiefe der Unterkante der Beprobung, gemessen in cm von der Geländeoberkante. Wird also beispielsweise bei P+100+10 eine Probe bezeichnet, die aus 0-10 cm Tiefe entnommen wurde, so lautet die Kurzbezeichnung P+100+010=0010 (s. Tabelle 1).

Bei Bedarf kann noch das Beprobungsdatum nach einem „_“ im Format YYMMDD angegeben werden.

Da die Gauß-Krüger Koordinaten (Rechts-Hoch-Werte) des Bahnhofsturms (Ostecke) mit 35 13 516 54 05 117 angegeben werden, lassen sich die beschriebenen x-, y-Angaben durch Subtraktion der Bahnhofsturmskoordinaten von den Koordinaten der Beprobungsstelle ermitteln.

Zur besseren Übersicht werden auch eingängige Kurzbezeichnungen eingeführt und verwendet.

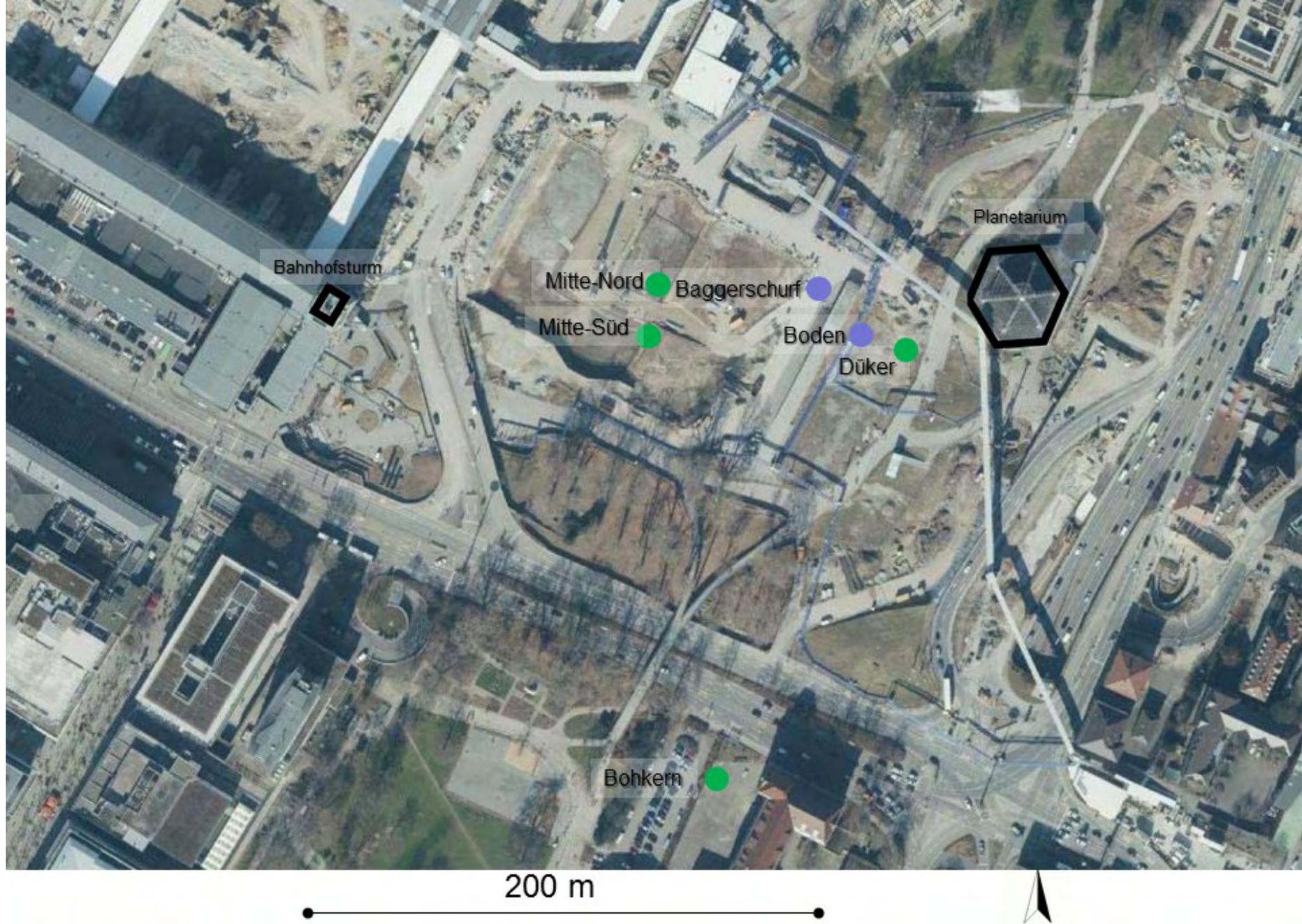


Abbildung 5: Lage der Probenahmestellen sowie deren Kurzbezeichnung, zur Orientierung sind der Bahnhofsturm und das Planetarium gekennzeichnet, das Bild ist genordet (unter Verwendung eines Luftbildes von <http://www.stuttgart.de/stadtplan>, vermutlich von 2013)

Tabelle 1: Bezeichnungen der Proben aus dem Mittleren Schlossgarten/ dem Planabschnitt 1.1 des Projekts S21

Nr. des Elements der Probenbezeichnung und Codierung			
1 P, B, S	2 +NNN, -NNN	3 +NNN, -NNN	4 =NNNN
P für die einer Profilwand entnommenen Probe	Entfernung von der Ostecke des Bahnhofs- turms in Richtung der Westecke des Planetariums in Metern. (Bisher nicht verwendete) negative Werte geben die Meterentfernung auf der besagten Linie westlich der Ostecke des Bahnhofs- turms an.	Entfernung von der in Spalte 2 beschriebenen Linie, die im rechten Winkel von dieser in Metern angegeben wird. Positive Werte geben nördliche Abwei- chungen an, negative Südliche.	Größte Entfernung zur ursprünglichen Erdoberfläche in Zentimetern. Diese Angaben beziehen sich auf Einzelproben, soll die Beprobungsstelle als solche bezeichnet werden, entfällt die Tiefenangabe.
B für die einem Bohrkern entnommenen Probe			
S für Baggerschurf			

Der hier dargestellte Bohrkern erhielt von der Bahn die Bezeichnung „BK 11/15 GM“ und wird hier unter B+158-215_160798 durchgeführt. Im vorliegenden Text wird er als auch verkürzt mit Bohrkern bezeichnet, da bisher keine zweite Bohrung untersucht wurde. Die untersuchte Bohrung diente der Erkundung des Untergrunds, ist also nicht das Ergebnis einer besonders sorgfältig durchgeführten Forschungsbohrung. Die Bohrung wurde von der Bohrfirma Terrasond im Juli 1998 angefertigt und ausgebaut. Seit diesem Zeitpunkt lag der Bohrkern im Bohrkernlager der Deutschen Bahn in Stuttgart ungekühlt in Kisten von jeweils zwei Metern Bohrabschnitt, sodass sich der Kern als getrocknet und verhärtet darstellt. Die Endteufe des Bohrkerns beträgt 34 m, die Ansatzhöhe liegt bei 242,11 m ü NN. Verortet wird die Bohrung ungefähr 10 Meter westlich des Königin-Katharina-Stifts in der Schillerstraße Stuttgart. Die genaue Lage liegt bei den Koordinaten R 35 13 671 R und H 54 04 902.

Beim Bohrkern wurden die visuell und haptisch prüfbar Eigenschaften erfasst. Die Beprobung erfolgte mit Hammer und Meißel. Die Abschnitte wurden bei Farbunterschieden oder deutlichen Unterschieden in der Korngröße in vertikale Strecken von höchstens 0,5 m untergliedert. Typischerweise sind die Probenabschnitte jedoch 10 cm lang (z.B. 10,50-10,60 m Tiefe), sodass das Probenmaterial nicht aus größeren Abschnitten als 10 cm für Laboranalysen herangezogen wurde. Für die Korngrößenanalysen standen in kleinräumigeren Intervallen gewonnene Proben zur Verfügung. Die Einzelstücke wurden wiederum halbiert, um eine Hälfte als Archivreferenz in den Kernkisten vorzuhalten.

Für die Pollenanalyse kam ein abweichendes Beprobungsschema zur Anwendung, dies ist bei der Darstellung der entsprechenden Ergebnisse jeweils beschrieben.

4 Geowissenschaftliche Untersuchungen

Die an der Erhards-Karls-Universität Tübingen durchgeführten geowissenschaftlichen Untersuchungen erfolgten im Wesentlichen an einem Bohrkern aus dem Gelände des Königin-Katharina-Stifts. Dieser Bohrkern (B+158-215_160798) war der einzige Bohrkern aus der Lieferung von sieben Kernen, der sich für die geologischen und zugleich für die botanischen Untersuchungen als geeignet zeigte. Bei den anderen Bohrkernen war entweder der pollenführende organische Horizont nicht aufgeschlossen oder es bestand Zweifel an der Richtigkeit der angegebenen Entnahmestelle.

Bisher unbearbeitetes Material von einer ganzen Anzahl von Beprobungsstellen liegt an der Universität Hohenheim vor. Darüber hinaus ist der Zugang zum Bohrkernlager für wissenschaftliche Zwecke mittlerweile uneingeschränkt möglich.

Die Auswertung der Schwermetalluntersuchungen berücksichtigte Proben aus dem Mittleren Schlossgarten, die unter Federführung der Universität Hohenheim seit November 2012 gewonnen wurden. Seit November 2013 erfolgt dies mit logistischer Unterstützung der Bahn und sowohl wissenschaftlicher als auch tatkräftiger Unterstützung durch das Landesamt für Denkmalpflege und der Erhard-Karls-Universität Tübingen.

4.1 Bodenprofile

Die beiden bodenkundlichen Aufschlüsse aus dem zentralen Bereich zwischen Bahnhofsturm und Planetarium P+198-008_20131113 (Profilgrube) und S+178+007_20121107 (Baggerschurf) wurden bereits vor Projektbeginn beschrieben und analysiert. Die entsprechenden Ergebnisse flossen in die Betrachtungen zu den Schwermetallen ein und sind dort bzw. im Anhang dargestellt. Die den anstehenden Boden darstellende Profilgrube (P+198-008) ist in Lehmann (2015) dargestellt. Von diesem Boden wurde Bodenmonolithe entnommen, die dem Stadtmuseum und dem Regierungspräsidium Stuttgart als Bodenexponate zur Verfügung stehen.

Ein „Protokoll zur archäologisch-bodenkundlichen Sondage im Mittleren Schlossgarten Stuttgart (Baufeld Stuttgart 21) am 14. November 2013 gemäß Absprachen mit der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH“ befindet sich im Anhang II.

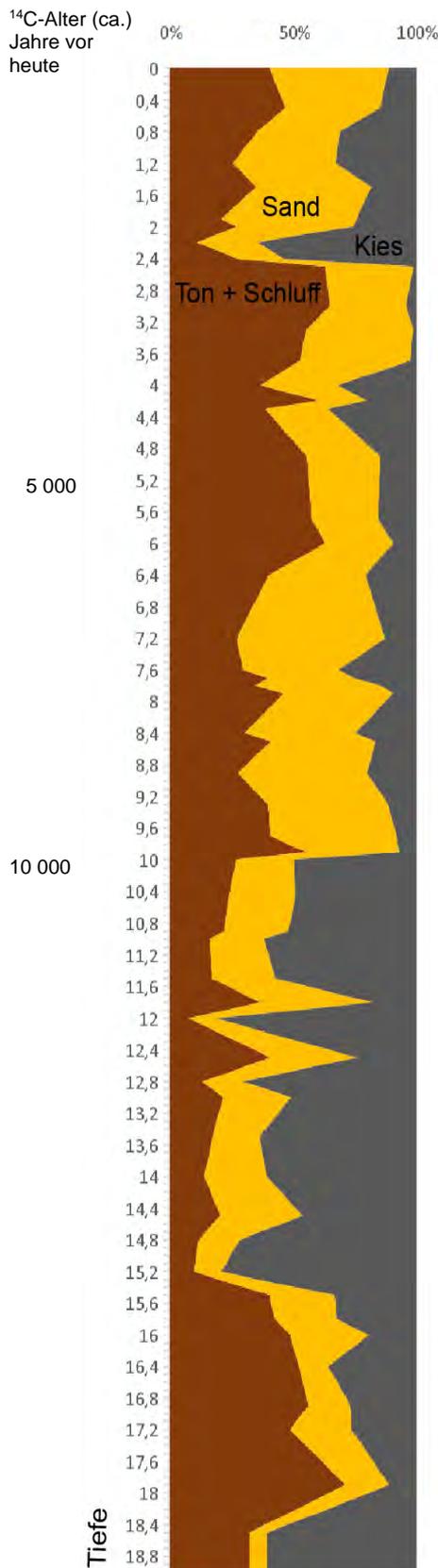


Abbildung 6: Korngrößenverteilung im Bohrkern, Tiefenangaben in Meter

4.2 Bohrkern

4.2.1 Korngrößen

Die Korngrößenanalyse erfolgte nach DIN 18 123-5. Die Untersuchung der Korngrößenverteilung des Feinmaterials (s. Abbildung 6) ergab mehrere markante Sprünge, die zum Teil auf Grobschüttungen im Zuge von Hochwasserereignissen zurückzuführen sind. Deutlich zu unterscheiden war eine Sedimentationsphase mit anthropogenem Fremdmaterial. Glas war als Fremdmaterial bis in eine Tiefe von 4,3 m (235,9 m ü NN) zu finden, Ziegelreste reichten dagegen bis in 7,8 m Tiefe (232,4 m ü NN).

Unterhalb von 4,3 Metern wurden im Bohrkern Auensedimente angetroffen, deren tiefere Bereiche reich an organischer Substanz sind, die auch pollenanalytisch bearbeitet wurden (s. 5.2.4). Unterhalb dieser Sedimente (10 m, 230,2 m ü NN) folgen Sauerwasserteig und periglaziale Hangschuttdecken. Ab einer Tiefe von 15,2 Metern (225,0 m ü NN) erreicht der Bohrkern den zunehmend unverwitterten Gipskeuper, bis er in 20 m Tiefe (220,2) endet (s. auch Tabelle A1 im Anhang).

Feinstratigraphische Untersuchungen dieses untersten Abschnittes sind im Rahmen des hier beschriebenen Projekts nicht vorgesehen und sollten insbesondere an eigenes beprobte Profilen erfolgen, die bei weiterem Baufortschritt zugänglich werden. Eine entsprechende Stelle wurde bereits am 8.5.2017 beprobt.

Eine zeitliche Zuordnung der sich durch Sand- und Kiespeaks klar abzeichnenden Vielzahl an Überschwemmungsereignisse war im Rahmen des hier dargestellten Projekts noch nicht möglich. Mit weiterreichenden Untersuchungen, insbesondere unter Einbeziehen weiterer Bohrkernprofile, Bohrkernbeschreibungen und Aufschlüssen sollte dies jedoch gelingen, insbesondere mit feinstratigraphischen Methoden. Dadurch wird eine detaillierte Rekonstruktion des Sedimentgeschehens und der daraus ableitbaren fluvialen Geomorphodynamik im Stuttgarter Talkessel möglich.

4.2.2 ¹⁴C-Datierungen

Zur Datierung mit der ¹⁴C-Methode wurden vier Proben aus dem Bohrkern entnommen (s. Tabelle 2). Ergänzend sind dort die Datierungen von Samen aus dem Profil Mitte-Nord dargestellt.

Die ¹⁴C-Datierung wurden nach der Kalibrierungskurve INTCAL 13, welche den dendrochronologisch abgesicherten Zeitbereich bis 12 594 cal BP beinhaltet, kalibriert.

Die Datierung von Holzkohle kann ein älteres Datum als das Ablagerungsdatum an der Fundstelle ergeben, wenn bspw. Holzkohle aus einem wiederaufgearbeiteten, weit vor dem Ablagerungsdatum an der Fundstelle abgelagerten, Sediment stammt.

Bei der Datierung von organischem Sediment ergibt sich immer ein Mittelwert von unterschiedlich alten organischen Bestandteilen des Humus. Hier kann Kohlenstoff vorliegen, der zum Ablagerungszeitpunkt an der Fundstelle zwischen Stunden und Jahrmillionen alt war. In der Regel dürfte diese Zeitspanne für den Großteil des Humus-Kohlenstoffs Tage bis Jahrzehnte und für einen kleineren Anteil bis tausend Jahre betragen. Zudem gelten auch die für den Transport von Holzkohle beschriebenen Fehlermöglichkeiten.

Die Datierung von Großresten wie z.B. Samen gibt deutlichere Hinweise auf den Ablagerungszeitpunkt. Das ¹⁴C-Alter wird durch den Zeitpunkt der Samenbildung bestimmt, und der Ferntransport spielt eine geringe Rolle. Bei der hohen Zahl an Samen, wie sie bei den bearbeiteten Proben gefunden wurden, kann mit Sicherheit von deren lokalen Herkunft ausgegangen werden.

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass das ¹⁴C-Alter bei den Bohrkernproben aus 4,2-5m Tiefe (236,05-235,25 m ü NN) mit der Tiefe nicht zu-, sondern abnimmt. Dies kann mit der Umlagerung von älterem Material (etwa vor etwa 3 000 Jahren) in den heutigen Bereich des Schlossgartens erklärt werden, das noch früher (etwa vor weiteren 1 000 Jahren) weiter bachaufwärts ein erstes Mal erodiert und sedimentiert wurde, um dann (vor etwa 3 000 Jahren) in den Schlossgartenbereich zu gelangen.

Die weitere inhaltliche Interpretation der ¹⁴C-Alter erfolgt im Abschnitt biologische Untersuchungen.

Tabelle 2: Kalibrierte ¹⁴C Alter von zwei Probenahmestellen und aus sieben Tiefen

Probenahme- stelle, Tiefe [m]	m ü NN	Substrat	Art der Probe und kalibriertes Alter in Jahren BP		
			Holzkohle	org. Substrat	botanische Großreste
Bohrkern 4,20-4,30	236,05- 235,95	Auenlehm	4 063-3 848	4 960-4 840	
Bohrkern 4,90-5,00	235,35- 235,25		3 480-3 355	4 240-4 085	
Mitte-Nord 5,10-5,15	234,30- 234,25	organisches Sediment			Holundersamen 3 343-3 099
Mitte-Nord 5,40-5,50	234,00- 233,90				Seggensamen 5 294-5 067
Mitte-Nord 6,385-6,41	234,30- 234,25				Wiesenrautesamen 6 342-6 089
Bohrkern 8,45	233,60	Sumpfton		7 420-7 260	
Bohrkern 11,50-11,60	230,60- 230,50	Wanderschutt		9 465-9 295	

Kalibrierte Ergebnisse mit 95 % Wahrscheinlichkeit

4.2.3 $\delta^{15}\text{N}$ und $\delta^{13}\text{C}$ Isotope und C/N-Verhältnis

Tabelle 3: Ergebnisse der Isotopenmessungen.

Tiefen [m] Bemerkung	3,40- 3,50	4,20-4,30	4,90- 5,00	7,20- 7,40	8,45	9,25	9,85	10,90- 11,00	11,50- 11,60
Corg-Gehalt [%]	0,66	0,70	0,54	1,37	8,20	7,99	2,73	0,33	0,37
$\delta^{13}\text{C}$ [%o VPDB]	-26,11	-26,19	-26,04	-26,27	-27,10	-27,20	-27,76	-27,07	-27,02
N-Gehalt [%]	0,06	0,09	0,08	0,12	0,52	0,51	0,20	0,03	0,03
$\delta^{15}\text{N}$ [%o ATM]	6,97	7,24	6,88	5,21	2,77	2,28	1,24	0,00	1,68
C/N	11	8	7	11	16	16	14	11	12

ATM: Atmosphäre, VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite): Messstandard der ^{13}C -Konzentration, des marinen Fossils *Belemnitella americana* mit ungewöhnlich hohem ^{13}C -Anteil

Die gemessenen $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ Isotopenverhältnisse sind in Tabelle 3 aufgelistet. Sie belegen, dass im Einzugsbereich keine C4-Pflanzen mit nennenswerten Anteilen auftraten. Die C/N-Verhältnisse geben die zu erwartende Dominanz an verholzender Vegetation bei C3-Pflanzen wieder. Zu erkennen ist die Zunahme der Gehölze während einer Periode von vor etwa 10 000 Jahren (11,50-11,60 m) bis in eine Zeit vor etwa 8 000 Jahren (9,25 m). Der starke Rückgang der C/N-Verhältnisse durch Zunahme der Gras- und Krautvegetation in einem Zeitraum von etwa 3 000 Jahren könnte die bronzezeitliche Rodung im Stuttgarter Talkessel widerspiegeln. Die sich andeutende zeitlich anschließende Wiederbewaldung wäre als spezifische Entwicklung im Bereich des heutigen Stuttgarter Talkessels zu werten. Bleiben die Tiefen mit C-Anreicherung durch Nässe (8,45 m und 9,25 m) außer Betracht, deutet sich eine deutliche Zunahme der N-Menge und insbesondere der $\delta^{15}\text{N}$ -Menge in den jüngeren Sedimenten des Einzugsgebiets an. Der deutliche Anstieg der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte, wie er möglicherweise mit dem ersten Auftreten des Menschen in Zusammenhang zu bringen ist (Robinson, 2001), weist auf eine sehr frühe Überprägung des Ökosystems Stuttgarter Talkessel und insbesondere des Nesenbachs durch N-Freisetzungen, beispielsweise durch Rodung, hin.

Diese hier gemachten ersten Einschätzungen sind ohne weitergehende Untersuchungen lediglich als Thesen zu verstehen. Mit einer C-Fraktionierung könnte beispielsweise der Einfluss der von feinverteilter Holzkohle geklärt werden. Eine Differenzierung des Verhältnis von Offenland zu (Nadel-)Wald ist mit der Untersuchung ausgewählter Biomarker (n-Alkane, Triptonide) möglich.

4.2.4 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Tabelle 4: Ergebnisse der PAK-Analytik [$\mu\text{g/g}$]

Probe	Nap	2-Mnap	1-Mnap	Any	Ace	Fln	Phe	Ant	Fth	Py	BaA	Chr	BbF- BkF	BaP	Indeno	DahA	BghiP	Summe
2,00- 2,10	38	194	94	3	13	11	176	10	123	88	46	57	94	30	36	8	32	1051
3,40- 3,50	9,6	72,0	33,5	<0,5	0,8	1,1	8,2	<0,5	1,1	0,8	0,7	1,0	1,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	130
4,20- 4,30	12,9	55,0	26,0	0,7	1,7	<0,5	11,4	<0,5	1,5	1,4	0,8	1,1	1,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	114
4,90- 5,00	5,1	36,0	11,7	<0,5	<0,5	0,7	9,2	<0,5	0,9	0,5	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	64
7,20- 7,40	37,2	105	45,4	1,9	9,7	31,5	196,0	5,9	42,8	15,8	3,3	8,3	9,1	0,8	2,0	<0,5	1,5	516
8,45	165	217	91,6	12,9	44,3	86,6	432,0	32,6	175,0	88,2	19,4	35,2	37,4	6,2	8,8	1,1	5,6	1459
9,25	180	219	94,8	65,5	53,6	85,7	404,0	31,7	185,0	97,1	23,7	40,0	46,0	7,9	10,7	1,4	11,8	1557
9,85	16,1	173	112	<0,5	7,5	10,1	71,4	0,7	9,6	3,5	0,8	0,6	2,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	407
10,90- 11,00	3,5	46,0	21,9	<0,5	1,3	2,1	45,4	<0,5	22,7	5,1	0,8	<0,5	3,1	<0,5	<0,5	<0,5	1,9	154
11,50- 11,60	7,0	66,9	33,5	<0,5	2,5	4,4	44,1	1,1	4,6	1,8	0,7	<0,5	3,0	<0,5	<0,5	<0,5	1,7	171

Anmerkungen:

dunkelrote Färbung der 1. Spalte: Auffüllung, gelb-orange: Auenlehm, grau: Sumpfton, rötlich: Wanderschutt laut Schichtverzeichnis (s. Tabelle A1)

Nap: Naphthalin, BaA: Benz(a)anthracen, Any: Acenaphthylen, Chr: Chrysen, Ace: Acenaphthen, BbF: Benzo(b)fluoranthen, Fln: Fluoren, BkF: Benzo(k)fluoranthen, Phe: Phenanthren, BaP: Benzo(a)pyren, Ant: Anthracen, Indeno: Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Fth: Fluoranthen, DahA: Dibenz(a,h)anthracen, Py: Pyren, BghiP: Benzo(g,h,i)perylene

PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) entstehen bei Verbrennungs- und Inkohlungsprozessen aus organischen Substanzen. Hierzu zählt die Verbrennung von Kohle, Heizöl, Kraftstoffen, Holz und Torf. Die Struktur und die Anzahl der gebildeten PAK sind abhängig von der Temperatur und der verfügbaren Sauer-

stoffmenge während der Verbrennung/ Inkohlung. Zunächst werden PAK gasförmig freigesetzt und anschließend in partikelgebundener Form transportiert. Somit wurden sie zum Teil großräumig verteilt vorgefunden. In geringerem Umfang können PAK auch durch Synthese biochemischer Prozesse bei

Mikroorganismen entstehen. Auch Pflanzen können durch biochemische Prozesse PAK synthetisieren. Typische PAK für Wildfeuer/Holzfeuer sind vor allem Benzo(a)pyrene (BaP), aber auch Fluoranthene (Fth), Pyrene (Py) und Chrysene (Chr).

Die hohen PAK-Gehalten um 1 000 µg/kg der oberflächennächsten gemessenen Probe aus der Tiefe von 2,0-2,1 m zeigen die Beeinflussung durch anthropogene Verbrennungsprozesse an (s. Tabelle 4). Neben Heizung, Industrie und Verkehr sind hier auch Kriegseinwirkungen zu nennen. Diese vergleichsweise hohen Konzentrationen werden allerdings noch von Werten aus etwa 9 m Tiefe um ca. 50% übertroffen. Diese sind gemäß der ¹⁴C-Datierung des organischen Sediments Zeiträumen zuzuordnen, die über 8 000 Jahre zurückreichen. Laut Pollenanalysen sind die dort auftretenden verkohlten Pflanzenreste dem späten Atlantikum (um 5 500 Jahre vor heute mit einer Eichenmischwaldvegetation zuzuordnen. Die entsprechenden Brände sind wahrscheinlich anthropogen verursacht und gehen auf für die Jagd angezündete Schilfbestände zurück (vgl. 5.2.4).

Eine weitere Annäherung an die Frage nach der Brandursache und ob eine stark zunehmende Erosion damit in Verbindung steht, ist mit ¹⁴C-Datierungen an Pflanzenresten und der Auswertung ähnlicher Untersuchungen vergleichbaren Stellen möglich. Mit Strukturanalysen an den Verbrennungsresten (Black Carbon) kann auf die Brandtemperatur zurückgeschlossen werden. Dabei wären höhere Temperaturen anthropogenen Brandursachen zuzurechnen.

4.3 Schwermetallsignaturen im Stuttgarter Talkessel

Die Auswertung von Schwermetalluntersuchungen von Proben aus dem Mittleren Schlossgarten und dem angrenzenden Bereich des Oberen Schlossgartens (Bohrkern) erfolgte mit dem Ziel der Identifizierung von Ausgangsgesteinen und Böden im Bereich des heutigen Stuttgarter Talkessels, die durch Erosion und Akkumulation im engeren Untersuchungsgebiet sedimentiert sein können.

Hierzu wurden die Analysen eines Bohrkerns vom Gelände des Königin-Katharinen-Stifts (B+158+215) und zwei vor Projektbeginn beprobten und untersuchten Profilen aus dem Mittleren Schlossgarten P+198-008 (Bodenprofil) und S+178+007 (Baggerschurf) ausgewertet. Für die Proben der beiden Profile wurde jeweils dieselbe Auswahl an Schwermetallen analysiert. Dieser Analysenumfang war beim Bohrkern etwas kleiner. Analysiert wurde jeweils der Feinboden. Den mit diesen Aufschlüssen erfassten Sedimenten sollten, so möglich, eine oder mehrere geologische Formationen oder die daraus entwickelten Böden im Liefergebiet des Nesenbachs zugeordnet werden.

Die Geographie des Stuttgarter Talkessels und die Liefergebiet des Nesenbachs sind im Kapitel 2.1 bereits dargestellt. Angaben mit besonderer Relevanz für die Interpretation der Schwermetallanalysen werden hier ergänzt.

Als geologische Formationen des Liefergebiets kommen die Schichten in Frage, die der Nesenbach in der Vergangenheit durchquert hat. Dessen Ursprung liegt auf dem Lias α 3. Der südlich des Quellgebiets anstehende Lias β wird laut Geologischer Karte nicht über den Nesenbach entwässert, sondern über einen Zufluss zur Körsch. Das Einzugsgebiet des Nesenbachursprungs umfasst den unteren Lias, den Rhätsandstein (ko), den Knollenmergel (km5) und den Stubensandstein (km4). Bereits in der Nähe des Dachswalds hat sich das Bachbett in den km3 eingegraben, der sich aus den Obere Bunten Mergeln (km3o), dem Kieselsandstein (km3s) und den Unteren Bunten Mergeln (km3u) zusammensetzt. Vor Stuttgart-Heslach fließen dem Nesenbach beidseitig Bäche zu. Im Bereich Stuttgart-Heslach weitet sich das schmale Tal zum Stuttgarter Talkessel auf. Der Nesenbach durchfließt ihn nicht mittig, sondern nähert sich dessen Südostrand an. Hier entwässern die steilen Hänge mit kleinen Bächen, die der rechten Nesenbachseite zufließen. Der Ursprung dieser Bäche ist aufgrund des Verlaufs in Klingen überwiegend im km4 zu lokalisieren. Der Stubensandstein be-

deckt hier größere Flächen und liegt in Mächtigkeiten bis ca. 60 m-70 m vor. Die Bäche durchfließen dann die Bunten Mergel (km3), den Schilfsandstein (km2) sowie den Oberen und Mittleren Gipskeuper (km1).

Auf der linken Nesenbachseite lassen sich ab Heschlach keine direkten Zuflüsse erkennen. Dort ist ein verzweigtes Talauesystem auf dem km1 entstanden, das im Bereich des Oberen Schlossgartens auf breiter Fläche in die Nesenbachtalaue übergeht. Die Zuflüsse am nördlichen Rand des Talkessels beginnen entsprechend der dort ausgebildeten Klingen überwiegend im km2 und teilweise im unteren km3. Hier fehlt weitgehend der km4. Jedoch tritt der Stubensandstein beim Hasenberg im Westen des Talkessels auf. Bereits der nördliche Teil des Birkenkopfs entwässert in den Feuerbach, ebenso wie die Nordwestseite der anschließenden Hügelkette.

Auf der Geologischen Karte (M 1: 50 000, s. Abbildung 3) sind nahe der Nesenbachtalaue mehrere quartäre Rutschmassen eingetragen. Im oberen Nesenbachtal liegen sie meist im Bereich des Gipskeupers (km1) oder der Bunten Mergel (km3). Zwischen der Karlshöhe und der Nesenbachtalaue liegt eine quartäre Rutschmasse ebenfalls im Bereich des Gipskeupers.

Nach der Baugrundkarte von Stuttgart (Blatt 55-4, Rogowski, 2012) steht im Bereich Marktplatz/Schillerplatz/ Leonhardsplatz unter 0-3 m bzw. 3-6 m bereits der ku (Lettenkeuper) an. Da dieser Bereich im Zuflussbereich der untersuchten Bodenprofile liegt, ist eine Beeinflussung der Standorte durch den Lettenkeuper und die unteren Schichten des Gipskeupers (Grundgips und der Bochinger Horizont) sehr wahrscheinlich.

Ferner ist die Beimengung von kaltzeitlichem Löss zu erwarten, der an den Stuttgarter Talhängen meist als Schwemmlöss oder eingearbeitet in Keuperfließerden auftritt. Dagegen ist Löss/Lösslehm auf der Filderebene häufig noch in autochthoner Lage verbreitet.

Aufgrund der räumlichen Verbreitung der unterschiedlichen Gesteine ist anzunehmen, dass Material aus Schichten, die über dem km4 liegen, entweder aus dem quellenahen Gebiet (vor Heschlach) oder von der rechten Bachseite stammt. Für die unteren km1-Schichten und den Lettenkeuper kämen eher die Schichten von der linken Seite bzw. dem unmittelbaren Talbereich in Frage.

Der Bohrkern B+158+215 erreicht in 17,3 m Tiefe den Grundgips, dessen Basis mit der Endtiefe von 20 m nicht erreicht wurde. Der Grundgips ist im fraglichen Bereich zwischen 8 m und 13 m mächtig und wird von dem ca. 6 m messenden Bochinger Horizont und den ca. 16 m mächtigen Dunkelroten Mergeln überlagert (Ufrecht, 1996). Die Geländeoberkanten der hier untersuchten Beprobungsstellen lägen somit im Bereich der Dunkelroten Mergel.

4.3.1 Schwermetallgehalte im Liefergebiet

Zur Frage, inwiefern sich die Schwermetallgehalte der verschiedenen Schichten im Liefergebiet unterscheiden, gibt die Tabelle A2 (Anhang) einen ersten Überblick. Dort wird eine Übersicht zu den Schwermetallgehalten in Baden-Württemberg gegeben. Eine genaue Zuroordnung der Schwermetallgehalte zu den stratigraphischen Einheiten unterbleibt dabei (LfU, 1994).

Daten, vorzugsweise aus dem Raum Stuttgart und Umgebung, fanden sich in Zauner (1996). Hier sind Analysen von Zirkon (Zr), Titan (Ti), Eisen (Fe), Blei (Pb), Chrom (Cr), Nickel (Ni), Zink (Zn) Mangan (Mn) und Cobalt (Co) berücksichtigt. Analysen zum Schilfsandstein lagen nicht vor. Eine weitere Literaturquelle Lotze (1999) enthielt u.a. auch Analysen zum Schilfsandstein. Ferner lagen dort auch Analysen von Vanadium (V) und Barium (Ba) vor, allerdings keine von Ti und Zr.

Beiden Literaturquellen verzichteten bei den relevanten Schichten auf nach Korngrößenklassen differenzierende Analysen. Für die oberen Lettenkeuperschichten waren keine Analysenergebnisse verfügbar, nur für die Estherienschiefer (Mitte) und den Vitriolschiefer (unten). Die Analysen von Zauner (1996) und Lotze (1999) wurden für die vorliegende Arbeit in einer Datenbanktabelle erfasst. Löss wurde in den beiden genannten Arbeiten nicht analysiert. Deshalb musste hier auf die Analysen der LfU (1994) zurückgegriffen werden. Bei Holland (1996) fanden sich zwei Analysen einer Lössablagerung, die von Klärschlamm überlagert war. Während sich bei den meisten Schwermetallen eine Beeinflussung durch den Klärschlamm zeigte, indem die obere Probe jeweils deutlich höhere Schwermetallgehalte aufwies, war dieser Effekt bei folgenden Elementen nicht festzustellen: Ti, Zr, Ca, Mg, Fe, Mn und K, daher wurden sie übernommen.

Die Gesteine lassen sich nach Zauner (1996) in verschiedene Gesteinstypen einteilen. Diese nachfolgend dargestellte Klassifikation wird hier für alle Proben angewandt.

„sulfatisch“: wenn der Gipsanteil über 60 % lag
„oxid“ wenn der Eisenanteil über 13% lag (nach Umrechnung auf karbonatfrei)
„karb „, wenn der Karbonatanteil über 50 % lag
„mergel“ wenn der Karbonatanteil zwischen 10 % und 50 % lag
„alsil“: wenn das Si/Al-Verhältnis (Silizium/Aluminium) kleiner als 3,5 war
„resid“: die restlichen (z.B. Sand- oder Schluffsteine).

Für die von Lotze (1999) beschriebenen Proben ergab sich die Schwierigkeit, dass keine Si-Gehalte vorlagen. So wurde die Unterscheidung nach „alsil“ und „resid“ nach dem Aluminiumgehalt vorgenommen, wobei Proben mit Aluminiumgehalt über 70 g/kg als „alsil“ eingestuft wurden. In Tabelle A3 sind die mittleren Schwermetallgehalte den einzelnen Gesteinstypen und der Stratigraphie zugeordnet. Die Tabelle A4 führt die Durchschnittswerte der einzelnen Gesteinstypen auf, ohne Bezug auf die Stratigraphie.

Für die Gesteine und stratigraphischen Einheiten im Untersuchungsgebiet lassen sich mit der Auswertung von Schwermetallgehalten folgende Charakteristika festhalten:

Sulfatgesteine weisen sehr geringe Schwermetallgehalte und ein geringes Ti/Zr-Verhältnis unabhängig von der Stratigraphie auf. Die geringen Schwermetallgehalte ergeben sich auch bei sulfatfrei gerechnetem Material.

Die „resid“- Gesteine zeigen ein geringes Ti/Zr-Verhältnis, völlig unabhängig von der Stratigraphie (z.B. 9 im km3s, 7 im km4 und 8 im Lias) und eher geringe Schwermetallgehalte, abgesehen von erhöhten Zn- und V-Gehalten im km3s und etwas erhöhten V- und Cu-Gehalten in den Estherienschiefer des km1.

Die „oxid“-Gesteine (hier ausschließlich in der Oolithenbank im Lias) weisen **deutlich erhöhte Gehalte an Fe, Mn, Cr, Ni, Zn, Co** und leicht erhöhte an Pb auf, nicht deutlich angereichert sind Cu, V und Ba.

Mergel weisen höhere Zn- und Ba- Gehalte auf, ansonsten jedoch eher durchschnittliche Schwermetallgehalte; eine markante Ausnahme bilden die Mergel der Bleiglanzbankschichten sowie **zwei Karbonatbänkchen mit extrem hohen Schwermetallgehalten**. Auf karbonatfrei umgerechnet enthält die **Psilonenbank die höchsten Konzentrationen an Pb, Ni, V und Co**. Ebenso weist die **Bleiglanzbank** sehr hohe Schwermetallgehalte auf.

Die „alsil“-Gesteine enthalten im Keuper meist mittlere bis erhöhte Ti-, Zn-, Cr-, Ni-, Cu- und Co-Gehalte und sehr geringe Gehalte an Pb und Mn. Höhere Konzentrationen erreichen die Angulaten-schichten im Lias.

Repräsentativität der Proben

Die von Lotze (1999) und Zauner (1996) bearbeiteten Proben wurden aus verschiedenen Bohrungen und Aufschlüssen ganz überwiegend aus Stuttgart und der näheren Umgebung (z.B. Leonberg) entnommen. Nicht nachvollziehbar ist, wie repräsentativ die Proben für die einzelnen Schichten sind. Unklar ist, wie hoch z.B. der Anteil „ausgelaugter“ und „nicht ausgelaugter“ Horizonte im Gipskeuper ist, und ob es in den recht inhomogenen Keuperschichten außer der Bleiglanzbank noch mehr kleine schwermetallreichere Abschnitte gibt.

Wie stark die Schwermetallgehalte pro Stratigraphieeinheit variieren, ist in der Tabelle A6 dargestellt. Dort werden die Minimal-, Mittel und Maximalwerte stratigraphischen Einheiten zugeordnet. Ferner wurden bei Lotze (1999) Sonderproben aus „ausgelaugten“, gipsarmen Bereichen im km1 analysiert. Diese Ergebnisse finden sich am Ende der Tabelle A6, separat als Mittelwerte von jeweils drei bzw. zwei Proben. Die Schwermetallgehalte variieren hier deutlich und im Lias wurden oft extrem hohe Schwermetallgehalte gemessen. Die Mittelwerte spiegeln teilweise den Anteil der verschiedenen Gesteinstypen wider, besonders deutlich der Grundgips, der reich an sulfatischem Gestein ist. Erwartungsgemäß Pb-reich sind die karbonatreichen Bleiglanzbankschichten. Es gibt jedoch auch Unterschiede, die sich nicht durch die Gesteinsart erklären lassen. So liegen die Pb-, Zn- und Cu-Gehalte im km3s höher als im km4. Im km4 sind dagegen die Co-Gehalte höher. Ungleich sind auch die Bariumgehalte verteilt. Laut Lotze korrelieren die Ba- und Karbonatgehalte; besonders hohe Gehalte liegen im km3, km4 und km5 vor. Vereinzelt überschreiten die Ba-Gehalte sogar den Interventionswert der Hollandliste von 1994(http://www.gefahrstoffe.de/libary/common/umwelt/RuG/_pdf/d3211.pdf) in der Tabelle A2. Gemäß einem Hinweis der LUBW (Landesanstalt für Umwelt Messungen und Naturschutz Baden Württemberg) deuten die Befunde im km3s auf das Vorliegen der Lehrbergschichten hin, deren Baryt- (auch: Sulfatknollen), Bleiglanz- und Malachit-Führung bekannt ist und die auch Zinkblende enthalten können.

4.3.2 Mobilität der Schwermetalle

Verwitterungsstabilität

Als sehr verwitterungsstabil gelten die Minerale, in denen Ti und Zr vorliegt.

Vanadium soll laut Eggers (2004) bei allen pH-Werten relativ mobil sein, und wird nur von Humus stark gebunden. Auf die pH-Werte der Böden aus den verschiedenen Ausgangsgesteinen kann nur indirekt geschlossen werden. Bei Holland (1996) wurden die pH-Werte der Böden gemessen. Die pH-Werte lagen dabei mit einer Ausnahme deutlich über 5,5. Dieser Wert wurde mit 5,3 nur in einem Fall unterschritten. Höhere Karbonatgehalte im Ausgangsgestein lassen auf überwiegend neutrale pH-Werte der Böden schließen. Insgesamt sind nur 16 Proben (von 165 Proben mit Angaben zum Karbonatgehalt) der Gesteine karbonatfrei. Das sind bevorzugt Sandsteine aus km3s und km4 (insgesamt 12 „resid“-Gesteinsproben).

Die folgende Tabelle 5 mit Angaben von Eggers (2004) zeigt einen Überblick über die relativen Bindungsstärken einzelner Schwermetalle und von Aluminium, in Abhängigkeit vom Grenz-pH.

Tabelle 5: Relative Bindungsstärken einzelner Schwermetalle

Material	Grenz-pH	substratbedingte Bindungsstärke unterhalb des Grenz-pH durch		
		Humus	Ton	Sesquioxide
Cd	6	4	2	3
Mn	5,5	2	3	3
Ni	5,5	3,5	2	3
Co	5,5	3	2	3
Zn	5,5	5	4	4
Al	5,5	5	4	4
Cu	4,5	5	3	4
Cr(III)	4,5	5	4	5
Pb	4	5	4	5
Hg	4	5	4	5
Fe(III)	3,5	5	5	-

Legende: 1 = sehr geringe -, 2 = geringe -, 3 = mittlere -, 4 = starke -, 5 = sehr starke relative Bindungsstärke

Zauner (1996) gab für viele Proben zusätzlich die mit EDTA (Ethylendiamintetra-Essigsäure) eluierbaren Schwermetallgehalte an. Damit werden vor allem Schwermetalle gelöst, die in Karbonatbindung vorliegen, zusätzlich aber auch schwach gebundene Schwermetalle. Beispielhaft wurden die Daten für die eluierbaren Anteile für Mn, Zn und Cr erfasst und in der Tabelle A5 den Gesamtgehalten gegenübergestellt. In Karbonaten und Mergeln liegt Mangan in der Regel zu über 90 % in eluierbarer Form vor. Sehr viel geringer ist der Anteil in Tonsteinen. Eine eindeutige Präferenz für eine bestimmte Stratigraphie lässt sich nicht erkennen. Bei Zn und vor allem bei Cr überwiegt der nicht eluierbare Anteil. Hier lässt sich eine bevorzugte Eluierbarkeit in Lias-Proben feststellen. Auffallend ist, dass die Zinkgehalte der Bleiglanzbank zu 100 % eluierbar sind, eine Stichprobe ergab hier 87 % eluierbares Pb.

Aus Lotze (1999) wurden die Angaben zu Tabelle 6 entnommen, die mit Hilfe von Korrelationsanalysen abgeleiteten Bindungsformen der Spurenelemente in den verschiedenen untersuchten Serien darstellt.

Tabelle 6: Bindungsformen der Schwermetalle und Spurenelemente (Lotze, 1999)

Serie	Schwermetall/Spurenelement	Bindungsform
Keuper	B, Zn, Cd, Cr, Ni, V, Ba, Hg	tonmineralisch
	Zn, Cd, Cr, Ba, B, Ni	an Fe-Chloriten
	Cd	adsorptiv an Fe-Tonmineralen
	Pb	in Kalifeldspäten u. Mn-Oxiden
	Cu, Ba	in Ca-reichen Verbindungen
	Cd	an Fe-Oxide
	Hg	chloridisch
Schwarzer Jura	Cd, Zn, Ni, As	(Fe-) sulfidisch
	Zn, Co, Ni, Cr, Ba, As	tonmineralisch
	Zn, Cd, Ni, Cu, V, As, Se	adsorptiv an C-org.
	B	adsorptiv an Chloriten
	Pb	an Mn-Oxide

Zu bemerken ist, dass die Bleiglanzbänke bei Lotze (1999) nicht in die Betrachtung einbezogen wurden, denn sie seien „selten anzutreffen und dann wiederum spärlich ausgebildet, daß sie als geologische Raritäten nicht in diese generelle Betrachtung einbezogen werden sollen“. In Stuttgart ist die Bleiglanzbank ca. 5-10 cm mächtig, kann jedoch gemäß Ufrecht (1996) auch, wie im Rosensteinpark, bis zu 100 cm mächtig werden und sollte deshalb im Stuttgarter Talkessel durchaus einbezogen werden.

Lotze (1999) berichtet von Eluatversuchen, bei denen mit Wasser geschüttelt wurde. Dabei ergab sich, dass Co in den Estheriensichten des km1 die höchste Eluierbarkeit aufwies. Bei Cr, Cu und Zn ergab sich dagegen die höchsten Wasserlöslichkeit in den Grundgipsschichten. Im Keuper war Barium nur in geringem Maß, eine höhere Löslichkeit ergab sich dagegen für den km3u und im Grundgips.

Diese Schwermetalle können sich demnach bereits vor der Verlagerung der Feststoffe in die Talau abreichern. Bei einer Überflutung mit Flusswasser können sie erneut mobilisierbar werden.

Uran ist unter reduzierenden Bedingungen immobil und unter oxidierenden Bedingungen sehr mobil; reduzierend wirken z.B. reduziertes Eisen (z. B. in Magnetit), reduzierter Schwefel (z. B. in Sulfiden) oder reduzierter (organischer) Kohlenstoff in festem fossilem Pflanzenmaterial. Ferner weisen Uranylvanadate nur eine geringe Löslichkeit auf. Als Beimengung kann es in Zirkon eingebaut sein.

Verhalten bei Verlagerung

Da für die fraglichen Schichten weder Lotze (1999) noch Zauner (1996) Analysen für Korngrößenklassen anstellten, kann nur indirekt auf den Einfluss der Korngrößen geschlossen werden. Es zeigt sich, dass sand- bzw. schluffreiche Ausgangsgesteine ein niedrigeres Ti/Zr-Verhältnis aufweisen. Im Allgemeinen wirkt ein höherer Sandanteil verdünnend auf die Schwermetallgehalte.

Ausgenommen sind die hohen Zinkgehalte einer Probe aus dem km3s und die relativ hohen Bariumgehalte in „resid“-Proben aus dem km4. Spätere Untersuchungen an km3s-Proben ergaben jedoch keine stark erhöhten Zn-Gehalte (Mittel: 44,7 mg/kg). Da für diese Proben der Gehalt an Hauptelementen nicht angegeben war, wurden diese späteren Proben nicht aufgenommen.

Verhältnisse einzelner Elemente

Für die Interpretation von Schwermetallgehalten kann die Betrachtung der Quotienten aus den Konzentrationen zweier Elemente vorteilhaft sein. Durch dieses Vorgehen

- entfällt der Einfluss, der sich durch die Verdünnung durch Karbonate oder Gips ergibt
- kann z.B. durch das Ermitteln von Si/Al und Ti/Zr der Einfluss der Körnung besser abgeschätzt werden
- werden Analysen von (unterschiedlich aufbereiteten) Proben besser vergleichbar, wie im Folgenden erläutert wird.

Die Schwermetallgehalte bzw. Elementgehalte von dem im Schlossgarten gewonnenen Bohrkern (B+158+215_980700) und dem Baggerschurf (S+178+007_20121107) sind gegenüber dem möglichen Ausgangsgestein scheinbar erhöht. Hier sind zwei Beispiele von karbonat- und gipsfreien Proben, ohne Verdacht auf organische Substanz aus Zauner (1996), jeweils in g/kg:

Ti: 0,5, Fe: 2,6, Al: 33, Si: 311 (Summe **347,1**) /

Ti: 2,9, Fe: 11,6; Al: 78, Si: 241 (Summe **333,5**).

Nachfolgend eine Analyse aus dem Baggerschurf (nicht karbonatfrei):

Ti: 5,5, Fe: 41, Al: 74, Si 318 (Summe **438**).

Evtl. trägt zu dieser Differenz bei, dass bei Zauner die Proben nur luftgetrocknet waren, während der Bohrkern 24 Stunden lang bei 60 °C getrocknet wurden. Ferner wurde bei den Schwermetallanalysen der Proben aus dem Schlossgarten der Glühverlust nicht in die Gesamtsumme einbezogen. Bei der Betrachtung der Schwermetall-Verhältnisse ist dies jedoch nicht relevant.

Die Bildung von Elementverhältnissen ist allerdings dann eingeschränkt, wenn eines der Elemente nicht gemessen wurde (z.B. keine Analysen auf Ti, Zr und Si bei Lotze (1999), keine auf V oder Ba bei Zauner (1996)).

Das Ti/Zr-Verhältnis gilt als sehr stabil, was die Verwitterung betrifft, ist aber stark abhängig von der Körnung. Diese hängt wiederum von der Fließgeschwindigkeit bei der Sedimentation ab. Ein hohes Si/Al-Verhältnis spricht für einen hohen Sandanteil, da im Sand Quarz (SiO₂) überwiegt.

Für das Element, auf das die Schwermetallgehalte bezogen werden, sollten möglichst viele Analyseergebnisse vorliegen, es sollte selten unter der Nachweisgrenze liegen, wenig mobil sein und nicht in sehr niedrigen Konzentrationen vorliegen. In der Tabelle A7 sind die Anzahl der Analysen und die Anzahl der Gehalte unter der Nachweisgrenze aufgeführt. Mn wurde oft und in größeren Gehalten analysiert, ist aber gemäß der Tabelle 5 sehr mobil. Fe wäre nach der Tabelle A7 ebenfalls sehr geeignet. Nach der Tabelle 5 ist Fe^{III} sehr immobil. Es liegt jedoch nicht ausschließlich Fe^{III} vor, (z.B. im grünlichen Bochinger Horizont). Als Bezug bietet sich Al an, denn es wurde sowohl bei Zauner, als auch bei Lotze gemessen. In nur sieben Fällen liegt es unter der Nachweisgrenze, es wurde im g/kg-Bereich gemessen und es verhält sich eher immobil (s. Tabelle 5). Die Elementverhältnisse gehen aus der Tabelle A8 hervor. Zusätzlich wurde das Verhältnis Mg/Ca und das K/Al-Verhältnis aufgenommen. In diesen Verhältnissen zeigt sich ein

deutlicher Bezug zur Stratigraphie. Allerdings ist bei der Verwitterung eine Verschiebung des Mg/Ca-Verhältnisses zu erwarten, weil Ca-Carbonat schneller verwittert als Dolomit.

4.3.3 Schwermetallgehalte in den Bodenproben

In den Tabellen A9, A10 und A11 sind die Schwermetallgehalte, die wichtigsten Hauptelemente und die Karbonatgehalte dargestellt. Die Analysen übernahm freundlicherweise die Abteilung für Geochemie des Instituts für Geowissenschaften der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Daneben zeigen die Tabellen A9 bis A11 die Körnung und die Vor-Ort-Befunde der Probenahmestellen im Schlossgarten. Die Hauptelemente Al, Fe, Si, Mg, Ca und K waren als Oxide aufgeführt und wurden sauerstofffrei gerechnet, um den Vergleich mit den Gesteinsproben zu ermöglichen. Die Zuordnung der Proben zur Vor-Ort-Beschreibung war nicht immer eindeutig. Die Farben zu S+178+007 (Baggerschurf) wurden nach einem Foto abgeschätzt. Die Körnung zur B+158+215 (Bohrkern) wurde aus einer Grafik abgegriffen, was zu Ungenauigkeiten führen kann.

Die Schwermetalle, zu denen keine aussagekräftigen Vergleichsdaten vorliegen, finden sich in der Tabelle A12. Zum Vergleich wurden nochmals die Gehalte an Zr, V und CaO dargestellt. Bekanntermaßen korrelieren V und Rb, sowie Sr und Ca. Yttrium kommt oft zusammen mit Zirkon vor. In den Tabellen A13, A14 und A15 sind analog der Tabelle A8 Elementverhältnisse aufgelistet.

Schwermetalle in Bodenhorizonten und mögliche Ausgangsgesteinen

P+198-008 (Bodenprofil)

Bei den Analysen des Bodenprofils (P+198-008) korrelieren erwartungsgemäß die Gehalte an Ton mit den Gehalten an Aluminium und dem Ti/Zr-Verhältnis, sowie mit Zn, V, Ba, und Co. Der Zr-Gehalt korreliert hoch mit dem Schluffanteil, weniger mit dem Sandanteil. Ebenfalls deutet ein enges Ti/Zr-Verhältnis auf höhere Schluffanteile hin. Die deutlich erhöhten Gehalte an Zn, Cr und Cu in den oberen 40 cm passen weder zu Löss, noch zum Keuper. Beim Keuper ist zwar der Schilfsandstein relativ reich an Zink und Chrom, das Mg/Ca-Verhältnis sollte jedoch weiter sein. Hier erscheint eine Belastung durch moderne Umwelteinflüsse am wahrscheinlichsten. Unterhalb von 40 cm steigt der Tonanteil an. Ab 80 cm wirkt die Elementverteilung zur Tiefe sehr gleichförmig und ähnelt der in den oberen cm der PS178+007 (Baggerschurf). In der Tiefe 60 - 80 cm lassen sich etwas erhöhte Vanadiumgehalte feststellen. Laut Aussage des Historikers und Geographen Harald Schukraft wurden am Kriegsberg zwischen 1596 und 1623 Kohlenflöze des Lettenkeupers ausgebeutet (UM, 2016). Die Kohle diente vor allem als Brennstoff für Schmiede. Kohle kann bis zu 0,1 % Vanadium enthalten (s. 7.1.3 und UM, 2016).

S+178+007 (Baggerschurf)

Gemäß der Geländebeschreibung zum Baggerschurf (S+178+007) wurde bis 160 cm Lössbeimengung vermutet (s. Anhang II). Allerdings macht sich weder am Si/Al-Verhältnis, noch am Ti/Zr-Verhältnis ein Lössanteil bemerkbar. Zu beobachten ist ein geringfügig niedrigeres Mg/Ca- und Zr/Y-Verhältnis, als in größeren Tiefen. Zwischen 160 und 170 cm Tiefe geht der Gehalt an Mn, Fe- und Ni abrupt zurück. Blei korreliert nicht mit Mangan (ist also nicht wie von Lotze (1999) vermutet an Mn-Oxide gebunden). Auch farblich ist eine Veränderung zu erkennen, hin zu einem blassen Rotviolettbraun. Darunter erscheint das Profil in Bezug auf Hauptelemente und Schwermetalle sehr gleichförmig. Bei 270-275 cm Tiefe erscheint auch Fe, Mn, Zn und Cu abgereichert. Diese Zone ist auf dem Foto gräulich. Laut Beschreibung besteht die Lage aus 85 % Sand. Für

einen etwas höheren Sandanteil spricht hier auch das größere Si/Al-Verhältnis von 4,6. Die darunter folgende Lage bei 270-285 cm erscheint dagegen an Schwermetallen angereichert. Für Mn und Fe kann hier ein Transport in die Tiefe vermutet werden, zumal die graue Farbe im darüber liegenden Horizont reduzierende Bedingungen vermuten lässt. Der Anstieg der Elemente Zr und Ti lässt sich allerdings durch eine Verlagerung in die Tiefe nicht erklären. Trotz hohem Sandanteil von über 85% entspricht die Lage 175-185 cm ausweislich des geringen Si/Al-Verhältnisses von 3,8 nicht einer Quarzsandlage.

Als Ausgangsgestein kämen die Dunkelroten Mergel anhand der Lage, Farbe und ähnlich hohen Gehalten an Ti und Zr, Fe, Mn, Cr, V und Zn in Betracht. Das Ti/Zr-Verhältnis sollte allerdings niedriger sein, die Gehalte an Ba, Pb und Cu wären erhöht. Cu und Pb könnten von den überlagernden Bleiglanzbankschichten beeinflusst sein. Höhere Ba-Gehalte wären jedoch erst im km³ zu erwarten. Aufgrund der Elementgehalte läßt sich auch eine recht gute Übereinstimmung mit km³ feststellen. Das Material wurde demnach nur geringfügig weit transportiert (Dunkelrote Mergel) bzw. über eine kurze Distanz (km³). Der Nickelgehalt erscheint gegenüber allen Keuper- und Liasschichten abgereichert, der Fe- und Mn-Gehalt gegen den meisten, was für Ni und Mn auf die höhere Mobilität zurückgeführt werden kann, z.B. innerhalb des Profils (s. auch Tabelle 5). Für die verstärkte Abfuhr von Eisen könnten die reduzierenden Bedingungen verantwortlich sein. Fe erscheint sogar gegenüber dem mobilen Mangan abgereichert zu sein. Dass die geringeren Fe-Gehalte auf die Beimengung von (eisenarmem) Löss beruhen, ist deshalb unwahrscheinlich, weil die Abreicherung gerade dort höher ist, wo weniger Löss vermutet wird.

Laut UMEG (1999) enthalten 90 % der Böden im Großraum Stuttgart maximal 1,4 mg/kg Uran. Die Urangelhalte in beiden Profilen liegen fast in allen Zonen deutlich höher.

B+158+215 (Bohrkern)

Der Bohrkern (B+158+215) lässt sich unterhalb von 2,1 m in folgende Bereiche einteilen:

2,1 -7,4 m mit engem Ti/Zr-Verhältnis und hohem Si-Anteil, 7,4-9,25 m mit sehr weitem Ti/Zr-Verhältnis, einem engen Si/Al -Verhältnis (2,3) und sehr hohen Cr- und V-Gehalten, 9,25-9,85 m mit hohen Ca-Karbonatgehalten, 10,9-11,6 m mit hohen Karbonat- und sehr hohen Bariumgehalten. Sehr hohe Bariumgehalten sind in den erfassten Ausgangsgesteinen an karbonatreiches Gestein in km³, km⁴ oder km⁵ gebunden. Wie die beiden Profile im Schlossgarten, ist auch dieses Profil eisenarm. Das auffälligste Merkmal ist jedoch, dass Zink ausgenommen der Tiefe 2 m-2,1 m nicht bzw. nur in minimaler Konzentration vorliegt. In den bisher analysierten Keuper und Lias-Gesteinen waren derart geringe Zink-Gehalte **nie** in Kombination mit höheren Cr-Gehalten aufgetreten. Die Datenbank-Abfrage auf Zn < 15 und Cr > 30 ergab nur zwei Treffer: 13 mg/kg Zn mit 32 mg/kg Cr und 14 mg/kg Zn mit 33 mg/kg Cr, sonst sind bei geringen Zinkgehalten auch die Cr-Gehalte entsprechend gering (nämlich in fast reinen Sulfatgesteinen). Eine starke Zn-Abreicherung wäre auf Grund der hohen Eluierbarkeit (nachgewiesen mit S4-Eluat bei Lotze (1999) möglich, aber auch Cr wird im Grundgips verstärkt eluiert. Tatsächlich wurden bei Lotze (1999) auch ausgelaugte Proben untersucht. Diese wiesen Zn-Gehalte auf, die ähnlich hoch waren wie die Cr-Gehalte. Die eluierbare Zn-Fraktion wra in diesem Fall jedoch vergleichsweise gering. Da im Oberen Schlossgarten unweit der B+158+215 im 17. Jh. Abraum vom Lettenkohleabbau abgelagert wurde (vgl. Karte um 1680 auf die Hagel (1984) Bezug nimmt), wurden verfügbare

Analysen aus dem ku (Lotze, 1999) auf Zn-Gehalte überprüft: Sowohl in den Estherienschiefern des ku, als auch in den Vitriolschiefern lagen die Zn-Gehalte jeweils um 30 mg/kg.

Der Bohrkern weist weitere Besonderheiten auf: In der Lage bei 3,4-3,5 m ließ sich weder Zn noch Cr nachweisen. Diese Kombination kommt im erfassten Gestein insgesamt neunmal vor, dann allerdings mit einem maximalen Ti-Gehalt von 341 mg/kg und mit einem maximalen Al-Gehalt von 6,9 mg/kg. Bei den Elementen Zr und Y fällt auf, dass das Verhältnis stärker variiert als bei den Schlossgartenprofilen. Dies kann allerdings auch damit zusammenhängen, dass über eine größere Mächtigkeit hin beprobt wurde.

Im Gegensatz zu den Schlossgartenprofilen, bei denen ggf. mit Beimischung aus der Bleiglanzbank bzw. Material aus km3 die Elementgehalte erklärbar wären, weichen die Schwermetallgehalte des Bohrkerns stark von den bisher erfassten Proben aus dem Liefergebiet ab. Wenn ein Gerätefehler in Bezug auf die mehrheitlich fehlenden Zinkgehalte ausgeschlossen werden kann, käme ein Gestein in Betracht, das weder bei Lotze (1999), noch bei Zauner (1996) beprobt wurde, evtl. aus dem oberen Lettenkeuper. Dies wäre nicht mit anderen Gesteinen durchmischt worden. Ebenfalls kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein früherer Eintrag von Fremdmaterial bis in eine größere Tiefe stattgefunden hat, zumal bei 7,2-7,4 m Tiefe ein Ziegel vorliegt.

4.3.4 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Die Schwermetallgehalte geben Hinweise auf bestimmte geologische Formationen, sollten aber für die Zuordnung von Sedimentlagen zu geologischen Formationen der Sedimentliefergebiete nicht isoliert betrachtet werden. Da Schwermetalle nicht nur mit Feststoffen transportiert werden, sondern auch gelöst im Wasser mobil sind und sich in einem Sedimentationsraum wieder anreichern können. Neben der Vor-Ort-Beschreibung (Farbe, Bodenart, geschätzter Humus- und Kohlenstoffanteil, Kies- und Steinanteil, ggf. erkennbare Mineralien wie Glimmer) geben auch die Hauptelemente wichtige Hinweise. Die Elemente K, und das Verhältnis Mg zu Ca sind nämlich im möglichen Ausgangsgestein nicht gleichmäßig verteilt. Ebenso sind nach eigener Erfahrung auch Glimmer unterschiedlich auf die Schichten verteilt. Würden Glimmer entdeckt, wäre dies zusätzlich ein Hinweis auf schwache Verwitterung vor und nach der Verlagerung. Phosphorgehalte können ebenfalls für die Identifikation von Liefergebieten hilfreich sein, erhöhte P-Gehalte der Bonebeds (Knochenlager) an der Obergrenze des Rhät-Sandsteins bekannt sind.

Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, wäre es möglich, dass es im Talkessel in einigen Fällen Wegsamkeiten für das aufsteigende Muschelkalkwasser gegeben hat, was das Einzugsgebiet erweitern würde. Besonders wäre daher auf das Vorkommen von Travertin zu achten, das typisch für Sauerwasserablagerungen ist.

Bisher wurden Schwermetalluntersuchungen in den Keuperformationen vor allem im Hinblick auf die Schwermetallbelastung der zugehörigen Böden durchgeführt. So ließen sich zu einigen Schwermetallen keine Vergleichswerte im Keuper bzw. Schwarzjura finden. Hier könnten evtl. für einzelne Schichten charakteristische Schwermetallgehalte vorliegen. Dies wäre z.B. für Uran anzunehmen, der sich nach Laquai (2015) vermutlich im Schilfsandstein angereichert hat, laut UMEG (1999) jedoch ansonsten nur in geringen Gehalten vorkommt. Allerdings sind laut LUBW auch einige höhere Uran-Gehalte in Stuttgart bekannt. Zu berücksichtigen wäre die Anreicherung von Uran, wie sie unter (typischerweise in Auen verbreiteten) reduzierenden Bedingungen erfolgt. Gruppe (1989), stellte erkannt, dass Nickel im km4 mit den geringsten Konzentrationen auftritt (um 15 mg/kg) und

nach unten bis zum km1 systematisch zunimmt (um 65 mg/kg). Diese kontinuierliche Zunahme ließ sich aus den bisher erfassten Daten nicht erkennen. Ferner wäre es wünschenswert, eine noch dichtere Datenbasis zu haben, bei der optimalerweise auch Analysen zu einzelnen Kornfraktionen vorliegen. Speziell zum Löss fehlen Daten zum Raum Stuttgart und zu den Hauptelementen (Al, Si, K, Ca, Mg), zu Fe, Mn, Ti und Zr. Ferner fehlen für einige Schichtungen Messungen der V- und Ba-Gehalte.

Für das weitere Vorgehen wird vorgeschlagen, auf die Daten, die von der LUBW für die Mittelwertbildung herangezogen wurden (LfU, 1994 und UMEG, 1999) zurückzugreifen, um so eine exaktere Zuordnung zur Stratigraphie zu erreichen. Auf Daten von Proben aus größerer Entfernung zum Einzugsgebiet des Nesenbachs ist ggf. zu verzichten.

Darüber hinaus sollten die von Zauner (1996) bearbeiteten Proben noch auf Vanadium und Barium untersucht werden. Dies erscheint insbesondere sinnvoll, um Aussagen zum Einfluss des Lettenkohleabbaus zu ermöglichen.

Eine nähere Betrachtung der Untersuchungen von Gruppe (1989) ist ebenso angezeigt. Zudem erscheinen Analysen ausgewählter Löss/Lösslehme aus dem Einzugsgebiet des Nesenbachs sinnvoll, wie auch bei dem untersuchten Bohrkern weitere Zn-Analysen Unklarheiten beseitigen können.

Ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn wäre aus einer Literaturrecherche zu den P-Gehalten von bonebeds (Knochenlager) im Rhätsandstein zu erwarten, aber auch zu den Gehalten und Mobilisierbarkeit von Zn, insbesondere in anderen Gesteinen als dem Gipskeuper und dem Lias α . Hierbei sollten auch Bodenproben, die im Rahmen von Altlastenuntersuchungen analysiert wurden Berücksichtigung finden.

Der Einfluss aufsteigenden Muschelkalkwassers auf die Stoffkonzentrationen in Gesteinen sollte mit einer Literaturrecherche untersucht werden.

Ergänzend zu den hier gemachten vergleichenden Betrachtungen, sollten zukünftig die statistischen Methoden der Clusterbildung und der Faktorenanalyse zur Anwendung kommen.

4.3.5 Fazit und Ausblick

Unterschiede zwischen den Schwermetallgehalten der geologischen Formationen im Einzugsgebiet des Nesenbachs konnten dargelegt werden, obschon die Werte innerhalb der Formationen stark streuten.

Bei der Betrachtung Analysen von den Probennamestellen im Stuttgarter Schlossgarten und den geologischen Formationen des Liefergebiets konnte festgestellt werden, dass bei P+198-008 (Bodenprofil) die oberen 40 cm ausweislich hoher Zn-, Cr -und Cu -Gehalte hochwahrscheinlich eine Belastung durch moderne Umwelteinflüsse aufweisen. Weitgehend erklärbar sind die Herkunft der Sedimente aus denen das Bodenprofil (P+198-008) und der Baggerschurf (S+178+007) im Mittleren Schlossgarten (etwa auf halber Strecke zwischen Bahnhofsturm und Planetarium) bestehen. Dabei kann von einer Zusammensetzung aus Material der Dunkelroten Mergel und der Bleiglanzbank als Blei- und Kupferlieferant oder durch km³-Material ausgegangen werden. Eine Beteiligung von Material, das bei der Ausbeutung der Kohlenflöze des Lettenkeupers am Kriegsberg gefördert wurde, könnte die erhöhten Vanadiumgehalte im Profil P+198-008P in der Tiefe von 60-80 cm erklären und weist auf einen Zufluss über das linksseitige Auensystem hin.

Im Gegensatz zu den Schlossgartenprofilen weichen die Schwermetallgehalte des Bohrkerns (B+158+215 am Übergang vom Mittleren zum Oberen Schlossgarten, aus dem Gelände des Königin-Katharina-Stifts) stark von den bisher erfassten Proben aus dem Liefergebiet ab. Wenn ein Gerätefehler in Bezug auf die Zinkgehalte ausgeschlossen werden kann, käme ein Gestein in Betracht, das bisher nicht beprobt wurde, evtl. aus dem oberen Lettenkeuper.

Die Rekonstruktion der Beteiligung der einzelnen Schichten kann über deren Sedimentmächtigkeit Hinweise auf das frühere Klima und den Bewuchs und die Erosionsintensität geben. Ebenfalls kann in Abhängigkeit der identifizierten Schichten eine wahrscheinliche geographische Zuordnung vorgenommen werden, wie z.B. beim Antreffen von Lettenkeuperschichten oder Schichten über der Lage der Bunten Mergel (km³). Ferner wäre der Einfluss von menschlicher Tätigkeit leichter zu erkennen.

Die Schwermetalluntersuchungen ergaben, dass sich unter Einbeziehen weiterer Indikatoren wie Farbe, Körnung und den Gehalten von Ca, Mg, Si und Al Aussagen zum wahrscheinlich überwiegenden Ausgangsmaterial und somit zu den Transportwegen machen lassen. Ferner tragen die Schwermetalluntersuchungen dazu bei, den Einfluss der menschlicher Tätigkeit zu erkennen.

Die zusammenführend erfassten Elementgehalte der einzelnen Formationen im Einzugsgebiet des Nesenbachs können auch für weitere Fragestellungen herangezogen werden, etwa welche Schwermetallgehalte in den jeweiligen Böden zu erwarten sind.

Das dem Einbeziehen weiterer Spurenelemente, Cluster- und Faktorenanalysen lässt präzisere und belastbarere Aussagen erwarten. Mit einer entsprechenden Herangehensweise, in Kombination mit den vorliegenden zeitlichen Einstufungen und den entsprechenden menschlichen Aktivitäten wäre eine wesentliche Annäherung an eine Rekonstruktion möglich, die Angaben erlaubt wann, was und wieviel über welche Strecke mit welcher Transportenergie umgelagert wurde. Damit würde das Grundverständnis zum Erosions- und Sedimentationsgeschehen in anthropogen überprägten Umwelten vertieft.

4.4 Fazit Geologie und Landschafts-genese

Der Stuttgarter Talkessel liefert mit seinen Ablagerungen ein räumlich und zeitlich hoch auflösendes Geoarchiv, aus dem sich die Entwicklung des Nesenbachtals seit der letzten Kaltzeit rekonstruieren lässt. Die den Talbereich umgebenden Keuper- und Unterjuragesteine waren und sind Lieferanten unterschiedlicher Minerale und Korngrößen, die sich in den Sedimenten des Talbodens wiederfinden. Darüber hinaus wurden kaltzeitliche Lössse und Lösslehme abgelagert, die insbesondere am westlichen Talhang eine beachtliche Mächtigkeit erreichen. So konnten sowohl in der Baugrube als auch im Bohrkern lösslehmreiche Fließerdimente über den anstehenden Keuper-gesteinen identifiziert werden, die darauf hinweisen, dass insbesondere gegen Ende der letzten Kaltzeit flächenhaft Material von den damals noch weitgehend vegetationsfreien Hängen in den Talkessel transportiert wurde. Durch den Nesenbach und seine Zuflüsse wurden diese periglazialen Ablagerungen im Laufe des Holozäns fluvial in den Auensedimenten aufgearbeitet und dabei verstärkt mit Keupermaterial vermischt. Durch Subrosionsprozesse im Gipskeuper kann die Mächtigkeit dieser Sedimente im Stuttgarter Talkessel kleinräumig sehr stark schwanken.

Die ehemals versumpfte, anmoorige Aue des Nesenbaches lässt sich sowohl im Bohrkern wie auch in den Aufschlüssen der Baugrube eindeutig identifizieren. Es handelt sich dabei um den ursprünglichen natürlichen Überschwemmungsbereich des Nesenbaches. Die darüber liegenden Ablagerungen stammen aus den letzten 7000-8000 Jahren. Sie bilden ein wertvolles Archiv für die Rekonstruktion natürlicher Prozesse und anthropogener Aktivitäten im gesamten Einzugsgebiet des Nesenbaches. Durch eine künftig noch differenziertere Analyse dieser Sedimente lassen sich nicht nur einzelne Extremereignisse (z.B. Überflutungen oder Brände) im heutigen Stadtzentrum nachweisen, sondern es sind auch Rückschlüsse auf eine veränderte Vegetation oder Landnutzung im Umland insbesondere der Filderebene möglich. Mit modernen Datierungsverfahren und stofflicher Spurenanalytik lassen sich menschliche Eingriffe immer genauer bestimmen und zeitlich einordnen.

5 Botanische Untersuchungen (Pollen und pflanzliche Makroreste)

Beim Aufschluss der Baugrube des Tiefbahnhofs trat ab etwa 5 bis 7 m Tiefe eine dunkle Lage mit einem erhöhten Anteil an organischer Substanz zu Tage, die eine gute Erhaltung von Pollen und pflanzlichen Großresten (Samen und Früchte) vermuten ließ. Die Bedeutung des Aufschlusses ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass aus dem Großraum Stuttgart nur sehr wenige pollenanalytische Untersuchungen vorliegen. Zu nennen sind hier lediglich Firbas 1952, Smettan 1986, Kalis et al. 2001, Meurers-Balke & Kalis 2001.

Bei pflanzlichen Makroresten ist zumeist gewährleistet, dass sie aus der unmittelbaren Umgebung des Fundorts in die Sedimente eingetragen wurden und zeitlich der Sedimententstehung nahe stehen. Sie eignen sich daher gut für ¹⁴C-Datierungen, besonders wenn hierfür kurzlebige terrestrische Pflanzenreste benutzt werden. Bei Pollenfunden hingegen treten lokale, regionale und gegebenenfalls auch überregionale Einträge auf. Für die Pollenprofile aus der Baugrube des Tiefbahnhofs sind deshalb meist Aussagen für den gesamten Stuttgarter Talkessel möglich. Treten in Sedimenten unterschiedlich gut erhaltene Pollentypen auf, lässt dies zusätzlich zu dem autochthonen Eintrag durch den Wind auf kolluvial verlagertes, verschieden altes Material schließen. Durch die Erfassung des Korrosionsgrades der Pollentypen ist häufig eine Unterscheidung von umgelagertem und in situ sedimentiertem Pollen möglich. Dank dieser Tatsache erlauben Pollenanalysen nicht nur Aussagen zur früheren Vegetation, sondern ergänzen häufig sehr gut geologisch-sedimentologische Befunde.

Pollenkörner können bei guter Erhaltung aufgrund ihrer morphologischen Mannigfaltigkeit unter dem Mikroskop bestimmt und Pflanzenfamilien, Gattungen und teilweise auch Arten zugewiesen werden. Das ist möglich, da die äußere Zellwand von Pollenkörnern sehr widerstandsfähig ist und unter Luftabschluss sehr gut erhalten bleibt. Pollenkörner werden vor allem bei windblütigen Arten in großer Menge produziert und über die Luft verbreitet. Werden diese Pollenkörner in möglichst kontinuierlich wachsenden Sedimenten, z.B. in Torfen oder Seeablagerungen unter Luftabschluss eingeschlossen, können diese wie ein Geschichtsbuch über vergangene Zeiten „Auskunft geben“. Bei der Analyse ist nicht nur der qualitative Nachweis von verschiedenen Pflanzensippen wichtig, sondern auch die Häufigkeit ihres Vorkommens, dadurch sind Rückschlüsse auf ehemalige Vegetationsverhältnisse (z.B. Bewaldungsdichte) möglich.

5.1 Methodik

Im Pollenlabor des Institutes für Botanik der Universität Hohenheim wurden aus 4 Pollenprofilen insgesamt 42 Proben von je 2 - 3 cm³ nach dem üblichen Verfahren aufbereitet. In mehreren Schritten werden dabei die Proben im Labor chemisch derart behandelt, dass möglichst nur Pollenmaterial übrigbleibt. Bei höheren mineralischen Anteilen kam ein Schweretrennungsverfahren zum Einsatz. Die Proben wurden zusätzlich mit Ultraschall über einer Gaze mit 7 µm Maschenweite gesiebt, um störende Partikel zu entfernen.

Viele Pollenproben weisen hohe Anteile an verkohlten Pflanzenresten auf, welche die mikroskopische Analyse stark behindern. Unter dem Mikroskop wurden Stichproben bei 500-facher Vergrößerung ausgezählt und die Pollenkörner und Sporen soweit wie möglich bestimmt. Falls notwendig, wurden schwierige Pollentypen bei 1250-facher Vergrößerung bestimmt. Da die Pollenerhaltung häufig sehr unterschiedlich war, wurden die Pollenkörner ihrer Erhaltung

entsprechend je Taxon in 3 Erhaltungs-Gruppen getrennt gezählt. Für die Bestimmung wurde der Bestimmungsschlüssel von Beug (2004) und eine Rezentvergleichssammlung zu Hilfe genommen. Die Zählsummen sind zugunsten einer höheren Probenzahl eher geringgehalten.

Die Ergebnisse sind in vereinfachten Pollendiagrammen dargestellt, darin sind nur die häufigsten Pollentypen aufgetragen. Die Anteile der erfassten Pflanzentaxa wurden prozentual verrechnet und die wichtigsten Palynomorphen als Diagramm dargestellt. Zur zeichnerischen Darstellung der Pollenergebnisse wurde die Software FAGUS der Universität Innsbruck verwandt. Als Bezugssumme dienen alle terrestrischen Taxa. Pollenkörner von Moor- und Wasserpflanzen sowie Unbestimmbare und Sporen sind in der Bezugssumme nicht enthalten. Die Pollendiagramme gliedern sich in ein Hauptdiagramm (links), in dem die Verhältnisse von Baumpollen, mit den häufigsten Gehölzen und dem Nichtbaumpollen mit Poaceae und *Artemisia* aufgetragen sind. Mit Einzelkurven sind ausgewählten Pollentypen (rechts) dargestellt. Schwarze und kreuzschraffierte Kurven geben die errechneten Prozentwerte wieder, querschraffierte Kurvenverläufe sind 10-fach überhöht. Die Maßstabsunterteilungen der Einzelkurven betragen immer 5% für die schwarzen und kreuzschraffierten Kurven bzw. 0,5% für die querschraffierten Kurven. Die Angaben zu m ü NN im Titel der Diagramme beziehen sich auf die Oberkante der Profile, bei Pollenprofil III-(Bohrkern) entspricht dies der Geländeoberfläche, bei den übrigen Profilen der Oberkante der geborgenen organischen Lage, die sich in vier bis sechs Meter Tiefe befand.

Die hier dargestellten Ergebnisse umfassen sowohl vor Projektbeginn entnommene Proben von heute abgegrabenen Stellen, als auch während des Projekts gesicherte Proben. Zudem liegen weitere während der Projektlaufzeit entnommene, aber noch nicht bearbeitete Proben vor.

Die Originalproben, sowie sämtliche Zähltabellen sind im Institut für Botanik der Universität Hohenheim hinterlegt.

Für Großrestuntersuchungen wurde das Profil II (Mitte-Nord) in 2,5 bis 10 cm mächtige Schichten (M1 – M25) unterteilt und durch Nasssieben aufgearbeitet; sie entsprechen in ihren Tiefenangaben dem Pollenprofil S21 II (Mitte-Nord). Die pflanzlichen Großreste - vor allem Samen und Früchte - können oft bis zur Art bestimmt werden. Die Methodik der Bearbeitung und Interpretation wurde an anderer Stelle (Stika 1996) ausführlich beschrieben. Pflanzliche Makroreste ergänzen und konkretisieren die Ergebnisse der Pollenuntersuchungen und zeichnen ein buntes Bild von der lokalen Vegetation an der Beprobungsstelle nach. Aus drei Makrorest-Proben wurden Samen und Früchte für die AMS-Datierung gewonnen (s. Abbildung A1 - A3 im Anhang).

Die Zeitangaben für die vegetationsgeschichtliche Gliederung des Früh- bis Mittelholozäns können nach Lang (1994) folgendermaßen angegeben werden:

Ende Subboreal	ca. 2 800 Jahre vor heute
Ende Atlantikum	ca. 5 800 Jahre
Ende Boreal	ca. 9 000 Jahre
Ende Präboreal	ca. 9 800 Jahre
Ende Spätglazial	11 590 Jahre
Beginn Spätglazial	ca. 14 500 Jahre

5.1.1 Aussagen zu den Beprobungsstellen der botanischen Untersuchungen

Die unter der Probebezeichnung Stuttgart 21 I, P+117-019_150703 (Kurzbezeichnung: Mitte-Süd, wobei sich Mitte auf das Baufeld des Tiefbahnhofs bezieht) geführte Entnahmestelle lag auf halber Strecke zwischen Bahnhofsturm und Planetarium und damit im Bereich des vermutlich natürlichen Nesenbachverlaufs. Später wurde der Nesenbach in den Bereich des heutigen Nesenbachdükers verlegt, etwa zwischen der dem Park zugewandten Seite des Planetariums und dem Ferdinand-Leitner-Steg beim Staatstheater.

Die unter der Probebezeichnung Stuttgart 21 II, P+138-009_160403 (Kurzbezeichnung: Mitte-Nord) geführte Entnahmestelle befindet sich unweit nördlich der oben genannten Stelle Stuttgart 21 I, P+117-019_150703 und damit auch nahe am vermuteten natürlichen Verlauf des Nesenbachs. Die Entnahme erfolgte mit Unterstützung durch einen Bagger der Baustelle der Deutschen Bahn und mit tatkräftiger Hilfe des Landesamts für Denkmalpflege Esslingen. Für das Pollenprofil konnte so die am dunkelsten gefärbte Stelle und damit wohl der vergleichsweise besten Pollenerhaltung entlang eines etwa 50 m messenden, von Süd-West nach Nord-Ost verlaufenden Aufschlusses ausgesucht werden.

Südöstlich des Planetariums, dort wo derzeit der Nesenbachdüker gebaut wird, wurde eine weitere Stelle beprobt, die als Stuttgart 21 IV, P+247-020_160812 (Kurzbezeichnung: Düker) bezeichnet ist.

Etwas aus dem Rahmen fällt die Kernbohrung im Bereich des Königin Katharina-Stifts (Stuttgart 21 III, B+158-215_980700, kurz: Bohrkern), die nicht nur pollenanalytisch sondern auch geologisch-sedimentologisch (s. dazu 4.2 Bohrkern S. 18ff.) untersucht wurde. Im Zuge der Baugrundvoruntersuchung war diese Kernbohrung von der Deutschen Bahn bereits vor 19 Jahren im Oberen Schlossgarten nahe des Mittleren Schlossgartens in Auftrag gegeben worden.

5.2 Ergebnisse und Diskussion

5.2.1 Pollenprofil I (P+117-019_150703, Mitte-Süd)

Dieses zuerst untersuchte Profil wurde nur über eine Tiefe von 69 cm (233,40-232,49 m ü NN, bzw. 6,60-7,51 m Tiefe unter GOK) beprobt und diente zum Abschätzen der Eignung für pollenanalytische Untersuchungen.

Bei der Auswertung dieses Pollendiagramms ließen sich zwei charakteristisch verschiedene Abschnitte unterscheiden, dies sind DA 1 (Diagramabschnitt 1) und DA 2 (s. Abbildung 7).

DA 1

Der Abschnitt zwischen 6,82 und 7,51 m unter GOK ist kalkhaltig und weist neben autochthonen Palynomorphen (Pollen und Sporen) auch aufgearbeitete Sedimentreste aus warmzeitlichen und kaltzeitlichen Schichten auf. Die Aufarbeitung von unterschiedlich alten Sedimenten ist auch an der unterschiedlichen Pollenerhaltung erkennbar. Gut erhalten war ein Pollenkorn von *Pterocarya* (Flügelnuß). Dieses stammt vermutlich aus dem Holstein-Interglazial (370 000 bis vor 347 000 Jahren). Das Auftreten von *Ephedra distachya*-Typ (Gewöhnliches Meerträubel), *Pinus cembra* (Zirbelkiefer) und *Selaginella selaginoides* (Dorniger Moosfarn) ist einem kaltzeitlichen bis arktisch alpinen Artenspektrum zuzuordnen. Im holozänen Baumpollenspektrum dominiert *Pinus* (Kiefer) vor den Eichenmischwaldelementen *Quercus* (Eiche), *Ulmus* (Ulme), *Tilia* (Linde) und *Corylus* (Hasel). Das Fehlen des zu erwarteten *Corylus*-Gipfels mag an der geringen Probendichte liegen. Poaceae (Süßgräser) sind sehr häufig und können zumindest teilweise als lokale Elemente angesehen werden.

Makroskopisch erkennbare verkohlte Pflanzenreste treten nur an der Grenze zu DA 2 auf.

Der Zeitraum für die Sedimentation des umgelagerten Materials mit präholozänen Palynomorphen ist nicht eindeutig festzulegen, möglich erscheint ein **frühholozänes Alter**.

DA 2

Der Abschnitt zwischen 6,60 und 6,82 m unter GOK zeigt sich kalkfrei und die Pollenerhaltung ist vergleichsweise gut.

Pinus (Kiefer) geht deutlich zurück und erreicht vergleichbare Anteile wie die Eichenmischwaldelemente. *Corylus* (Hasel), *Alnus* (Erle) und *Picea* (Fichte) sind gering vertreten.

In den untersuchten Proben des DA 2 treten auffällig hohe Anteile an verkohlten Pflanzenresten auf. Dies ist besonders bemerkenswert, da nach der Etablierung von Laubmischwäldern natürliche Waldbrände sehr selten zu erwarten sind. Die Brände könnten mit einer mesolithischen Bevölkerung und deren Aktivitäten in Verbindung zu bringen sein. Francis Clark Howell (1962) führt das Auftreten verkohlter Pflanzenreste bei Grabungen 150 km nordöstlich von Madrid, in der zentralspanischen Sierra de Guadarrama auf Treibjagd mit Feuer zurück, bei denen Tiere in sumpfiges Gelände getrieben wurden, um sie dort zu erlegen. Die hohen Anteile an verkohlten Pflanzenresten in den Profilproben aus der Baugrube des Tiefbahnhofs Stuttgart könnten ebenfalls auf mesolithische Jagd zurückgehen.

Durch den Vergleich mit dem datierten Pollenprofil II kann der DA 2 in das **frühe Atlantikum** gestellt werden.

5.2.2 Pollenprofil II (P+138-009_160403, Mitte-Nord)

Dieses intensiv untersuchte Profil wurde in drei überlappenden Teilstücken (Bodenmonolithen) entnommen. Die Profilwand wurde über eine Tiefe von 234,30 bis 232,48 m ü NN und dementsprechend über eine vertikale Strecke von 1,6 m beprobt. Da die Profilwand leicht abgeschrägt war, übersteigt die Länge der analysierten Monolithen (1,71 m) die auf Meereshöhe bezogenen Tiefenangaben um 0,11 m. Diese Abweichung ist bei den Tiefenangaben im Pollendiagramm nicht berücksichtigt. Bei den Proben der Entnahmestelle Mitte-Nord wurden sowohl Pollen als auch botanische Großreste bestimmt. (s. Abbildung 8 und Tabellen A16 und A17 im Anhang).

5.2.2.1 Pollen

DA 1

Der tiefste untersuchte Abschnitt ist kalkfrei.

Insgesamt dominiert im DA 1 *Pinus* (Kiefer), dagegen treten die Eichenmischwaldelemente *Quercus* (Eiche), *Ulmus* (Ulme), *Tilia* (Linde) und *Fraxinus* (Esche) stark zurück. Die hohen Anteile von Poaceae (Süßgräser) sind wohl überwiegend als lokal zu betrachten, ebenso die relativ hohen Anteile von Cichoriaceae (Korbblütler), die teils auch in Pollenklumpen vorliegen, was einen lokalen Eintrag vermuten lässt. Ebenso wie im Profil S21 I ist auch in DA 1 des Pollenprofils II ein hoher Anteil von aufgearbeiteten Palynomorphen erkennbar und deutet auf Erosion von älteren Sedimenten hin.

Zeitlich ist der Beginn des DA mit dem **ausgehenden Präboreal** oder dem **frühen Boreal** zu korrelieren. Eine ¹⁴C-Datierung der Großreste am Übergang zu DA 2 datiert auf 6.342 – 6.089 v.Chr..

DA 2a und DA 2b

Im DA 2a wechseln kalkfreie, kalkarme und kalkhaltige Lagen ab, der Anteil stark korrodierter, umgelagerter Pollen und Sporen geht stark zurück.

Die Anteile von *Pinus* (Kiefer) sind deutlich geringer als im DA 1. Insgesamt dominieren Vertreter des Eichenmischwalds das Pollenspektrum. *Corylus* (Hasel) erreicht in einer kurzen Phase etwas höhere Anteile, ist insgesamt aber schwach vertreten. *Alnus* (Erle) und *Picea* (Fichte) sind ebenso mit geringen Anteilen vertreten. Erste Pollenkörner von *Abies* (Tanne) konnten zum Ende des DA nachgewiesen werden. Poaceae (Süßgräser) erreichen sehr hohe Anteile. Deren Auftreten ist zumindest teilweise als lokal zu werten, da auch von ihnen Pollenklumpen vorhanden sind.

Zahlreiche verkohlte Pflanzenreste treten wie beim Profil I (Mitte-Süd) in einer Tiefe von ca. 6 m unter GOK auf. Da in von Laubholz dominierten Wäldern natürliche Waldbrände selten sind, deuten diese verkohlten Pflanzenreste auf anthropogene Einflüsse hin (vgl. 5.2.1). Entsprechend der ¹⁴C-Datierung der Großreste aus DA 2a mit der ein Alter von etwa 5.200 v.Chr. (siehe Tabelle 2) bestimmt wurde, könnten die im unteren Teil des DA vermehrt auftretende Pflanzenkohlen mesolithischen Gruppen zugeschrieben werden. Im oberen Teil von DA 2a könnten frühneolithische Gruppen der Linearbandkeramischen Kultur (mit gewissen Anteilen von Keramikresten der La-Hoguet-Gruppe) die Brände verursacht haben (vgl. Meurers-Balke & Kalis 2001, Kalis et al. 2001). Hinweise auf Ackerbau sind nicht vorhanden.

Die Sedimente in DA 2b sind kalkhaltig.

Deutlich weniger verkohlte Pflanzenreste charakterisieren den **DA 2b**. *Abies* (Tanne) ist mit wenigen Pollenkörnern ab diesem DA mit geschlossener Kurve vertreten. Siedlungszeiger sind nicht vorhanden.

DA 3

DA 3 ist kalkfrei, in diesem DA nimmt der Anteil korrodierter Pollen und Sporen nimmt zur Oberfläche etwas zu.

Mit den frühen Phasen des Abschnitts geht der Anteil von *Fraxinus* (Esche) und im weiteren Verlauf der von *Ulmus* (Ulme) deutlich zurück. Der durchgehend nachgewiesene, aber geringe Anteil an *Abies* (Tanne) ist als Eintrag durch Fernflug zu werten. Im Verlauf des DA's setzt die geschlossene Kurve von *Fagus* (Buche) ein. Da die Massenausbreitung von *Fagus* in der weiteren Region nicht früher als ca. 3.500 v.Chr. einsetzt (Rösch 2011, Smettan 1988, Smettan 2000), muss dieser DA älter sein.

Als Siedlungszeiger treten Pollenkörner vom Cerealia-Typ (Getreide-Typ) auf. Weiterhin sind Pollenkörner von *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich), des *Plantago major* (Breitwegerich)/*media* (Mittlerer Wegerich)-Typs und nicht weiter differenzierbare Pollenkörner von *Plantago* (Wegerich) zu erkennen. Auch der Nachweis von einzelnen Pollenkörnern vom *Polygonum aviculare*-Typ (Vogelknöterich-Typ) kann möglicherweise auf trittbelastete Flächen hinweisen. Mit lokalen anderen anthropogenen Eingriffen, als solchen die auf Jagd zurückzuführen sind, ist nicht zu rechnen, da es sich bei dem Untersuchungsgebiet um Feuchtstandorte handelt, die für agrarische Zwecke ungeeignet waren.

DA 4

Der nur 5 cm mächtige DA 4 ist kalkfrei.

DA 4 lässt sich durch die ansteigende Kurve von *Fagus* (Buche) abgliedern. Siedlungszeiger und verkohlte Pflanzenreste sind nicht vorhanden. DA 4 datiert nach einer ¹⁴C-Datierung in den Bereich um 3343-3099 v.Chr.

5.2.2.2 Pflanzliche Makroreste

In Tab. A16 (s. Anhang) werden die nachgewiesenen pflanzlichen Großreste für das Profil II (Mitte-Nord) alphabetisch wiedergegeben. Tab. A17 (s. Anhang) stellt eine Interpretation dieser Großreste dar, indem sie pflanzensoziologischen Ökogruppen zugewiesen werden (Methode s. Stika 1996).

Einige Reste stammen von Wäldern und Waldrändern (Brombeeren und Schwarzer Holunder), die als endozoochore Arten durch Tiere von ihren Wuchsorten an den Fundort verbracht worden sein könnten. Alle anderen Pflanzenarten gedeihen auf feuchten bis nassen Standorten, wie sie wohl direkt am Entstehungsort der untersuchten Sedimente oder ihrer unmittelbaren Umgebung gegeben waren. Die Arten der Süßwasserröhrichte und Großseggensümpfe wie Froschlöffel, Aufrechter und Großer Merk, verschiedene Seggen-Arten, Igelkolben, Schilfrohr, Ufer-Wolfstrapp und Wasser-Minze kommen teilweise in stehendem Wasser vor und wachsen auf schlammigen Böden. In direktem Anschluss an diese Standorte können die Taxa der Flut- und Trittrasen sowie der Schlammuferfluren wie Melden, Feigenblättriger oder Vielsamiger Gänsefuß, Rauhe Segge, Kriechendes Fingerkraut und Vogelmiere gewachsen sein. Stickstoffkrautfluren, Säume und Uferstauden sind durch die Pflanzenarten Tag-Lichtnelke, Wasserdost, Gundermann, Wald-Nabelmiere und Attich vertreten. Der Bittersüße Nachtschatten rankt in Wassernähe am Gebüsch empor. Die Reste der Großen Brennnessel stammen wohl von primären Standorten an frischen bis feuchten, stickstoffreichen Waldrändern und nicht aus anthropogenem Zusammenhang, woher wir sie heute hauptsächlich kennen. Weitere Pflanzenarten, die im Profil II (Profil Mitte-Nord) durch Samen und Früchte nachgewiesen wurden, wachsen heute bevorzugt in Nasswiesen: Sumpf-Kratzdistel, Sumpf-Ziest, Gras-/Sumpf-Sternmiere, Gelbe Wiesenraute und Baldrian. Die unter „Sonstige“ gelisteten Taxa konnten nicht näher zugewiesen und dadurch auch nicht ökologisch ausgewertet werden. Bis auf die Wilde Gelbe Rübe deuten alle nachgewiesenen pflanzliche Großreste auf feuchte bis nasse Standorte hin, die zeitweilig überflutet sein können.

5.2.3 Pollenprofil IV (P+247-020_160812, Düker)

Die Probenahmestelle Düker könnte nach einer Karte aus dem 17. Jh (s. Hagel, 1984) einem etwas periphereren Bereich der ursprünglichen Nesenbachaue zugeordnet werden, als dies für die Entnahmestellen Mitte-Nord und Mitte-Süd anzunehmen ist.

Bei dem aus einer Tiefe von 3,67-7,37 m (235,73-232,40 m ü NN) entnommenen Profil wurde zunächst nur der Bereich von 5,78-7,37 m unter GOK untersucht. Kalk trat nur in zwei untersuchten Tiefen auf.

Der hier beschriebene Abschnitt des Profil Dükers setzt vermutlich ungefähr zeitgleich mit dem Ende von DA 2a im Profil II (Mitte-Nord) ein.

DA 1

Der DA 1 umfasst die Tiefen von 6,19-7,37 m unter GOK. In diesem DA dominieren *Quercus* (Eiche), *Tilia* (Linde), *Corylus* (Hasel), *Pinus* (Kiefer) und *Fraxinus* (Esche) mit wechselnden Anteilen das Gehölzspektrum. *Ulmus* (Ulme), *Alnus* (Erle) und *Acer* (Ahorn) sind meist mit weniger als 5% im Pollenspektrum vertreten (vgl. Abbildung 9). Mit durchgehenden Kurven sind *Picea* (Fichte) und *Abies* (Tanne) beteiligt, während *Fagus* (Buche) nur mit Einzelfunden belegt ist.

Poaceae (Süßgräser) erreichen, wie auch in den anderen Profilen, sehr hohe Anteile. Diese sind wohl überwiegend als lokale Komponenten zu werten, da Pollenklumpen mehrfach auftreten.

Siedlungszeiger sind nur mit einem Pollenkorn des *Hordeum*-Typs (Gerste-Typ) für 6,48 m Tiefe (233,34 m ü NN) belegt und mit einem weiteren, leider nicht sicher bestimmbar Pollenkorn vom Cerealia-Typ (Getreide-Typ) in 7,37 m Tiefe (232,05 m ü NN).

Sehr viele Partikel verkohlter Pflanzenreste mit einer Größe von über 0,5 mm treten in 7,37 m Tiefe (232,05 m ü NN) und in 6,69 m Tiefe (232,72 m ü NN) auf. In den übrigen Proben sind nur wenige verkohlte Partikel makroskopisch erkennbar oder fehlen gänzlich.

Zeitlich ist dieser DA in das **Atlantikum** zu stellen, aufgrund der nur vereinzelt Nachweise von *Fagus* ist mit einem Alter über **5.500 Jahre v. Chr.** zu rechnen. Das Profil IV setzt vermutlich ungefähr zeitgleich mit dem Ende von DA 2a im Profil II ein.

DA 2

Der DA 2 in 5,78-6,19 m Tiefe mit nur einer Pollenprobe, lässt sich durch deutlich höhere Anteile von *Tilia* (Linde) und *Corylus* (Hasel) und geringere Anteile von Poaceae (Süßgräser) gegenüber dem DA 1 abgliedern. *Fagus* (Buche) ist mit fast 5% im Pollenspektrum belegt.

Zusätzlich sind Siedlungszeiger wie Cerealia-Typ (Getreide-Typ), *Plantago lanceolata* (Spitzwegerich) sowie *Plantago major* (Breitwegerich)/*media* (Mittlerer Wegerich)-Typ vorhanden und deuten auf Siedlungstätigkeit in einiger Entfernung im Stuttgarter Talkessel hin.

Fagus (Buche) ist mit fast 5% im Pollenspektrum belegt, daher ist diese Probe wohl jünger als 3.500 v.Chr.

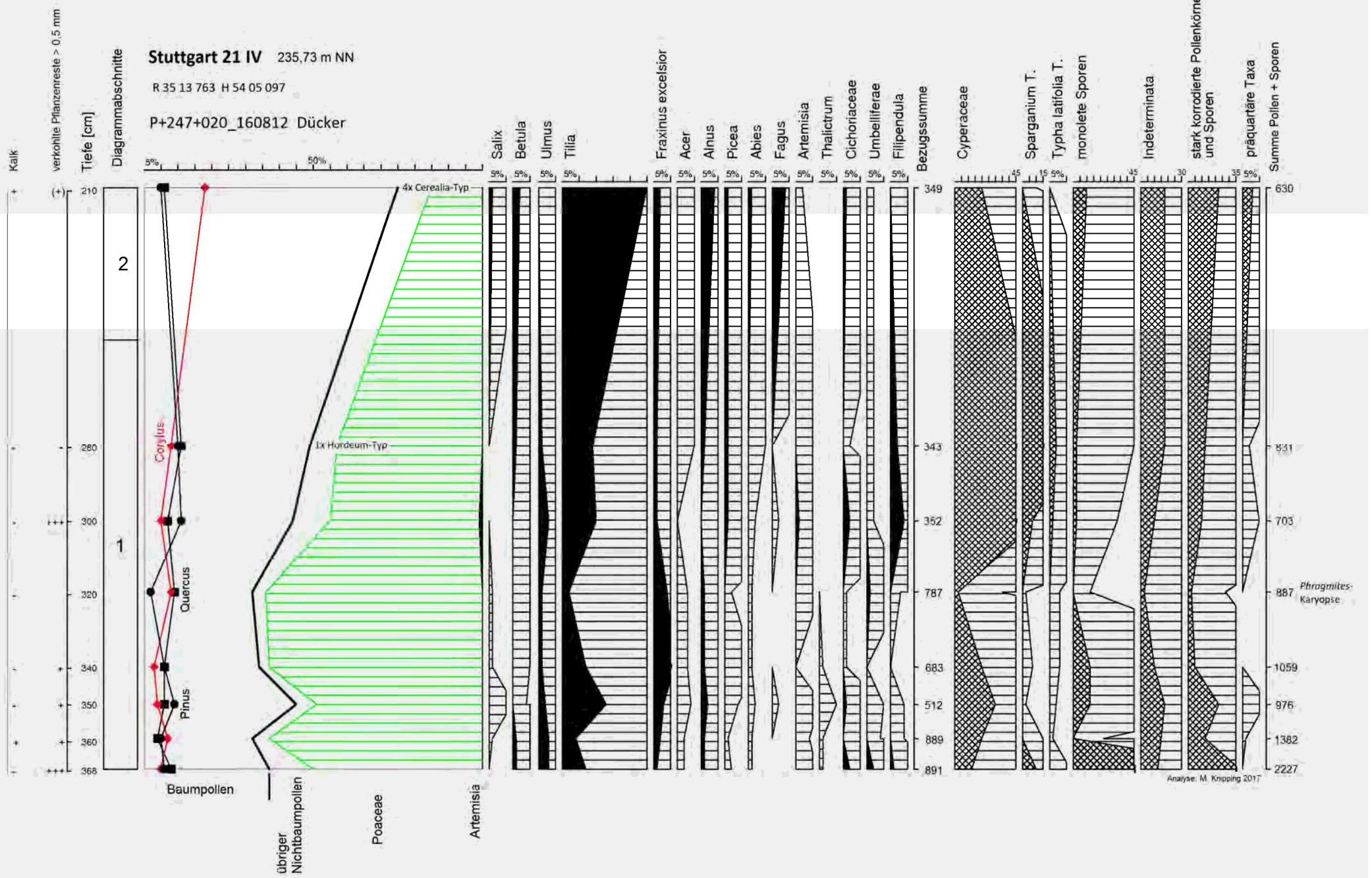


Abbildung 9: vereinfachtes Pollendiagramm des Profils IV (P+247-020_160812, Dücker), Diagrammaufbau s. 5.1 Methodik

5.2.4 Pollenprofil III (B+158-215_160798, Bohrkern)

Die Geländeoberfläche wurde bei der Bohrkernentnahme mit 242,1 m ü NN bestimmt und damit etwa 2 m über der GOK der bisher beschriebenen Profile. Bei dem Bohrkern wurden die Tiefen zwischen 8,05 und 9,95 m (234,05-232,15 m ü NN) pollenanalytisch bearbeitet (s. Abbildung 10).

DA 1

Im DA 1 (9,90-9,95 m) dominieren *Pinus* (Kiefer) und *Betula* (Birke) das Baupollenspektrum. Thermophile Elemente sind nicht vorhanden. Eine Aufarbeitung von älteren Sedimenten ist in relativ geringem Maße vorhanden. Die Probe datiert an das Ende des **Spätglazials** oder in das **Präboreal**.

Eine ¹⁴C-Datierung, welche von der Universität Tübingen veranlasst wurde, ergab in einer Tiefe von 11,5-11,6 m ein Alter von 9465-9295 cal. BP. Diese Datierung, die noch 1,5 m unterhalb des DA 1 liegt, erscheint laut der pollenanalytischen Datierung deutlich zu jung.

DA 2

Im DA 2 (9,78-9,90 m) konnte 1 Pollenkorn von *Corylus* (Hasel) nachgewiesen werden. Daher ist diese Probe sehr wahrscheinlich in das **Präboreal** zu stellen. Das Sediment in DA 1 und 2 ist extrem kalkhaltig und ähnelt dem Aussehen nach einer Seekreide. Es wurden jedoch keine echten Wasserpflanzen nachgewiesen, daher ist eher von einer oberflächlichen Kalkabscheidung (Kalktuff) auszugehen.

DA 3

Der DA 3 (9,60-9,78 m) ist durch einen *Corylus*-Gipfel gekennzeichnet und datiert daher in das **Boreal**. Hier sind zudem hohe Anteile von sehr schlecht erhaltenen Pollenkörnern vorhanden und deuten auf Erosion von älteren Sedimenten. Verkohlte Pflanzenreste wurden nicht gefunden.

DA 4a und DA 4b

Der DA 4 (8,05-9,03-9,60 m) ist durch die Eichenmischwaldelemente gekennzeichnet und datiert in das Atlantikum. Es sind verkohlte Pflanzenreste vorhanden, aber deutlich weniger als in den Profilen I und II (Mitte-Nord und Mitte-Süd). Die Aufarbeitung von älteren Sedimenten hat gegenüber dem DA 3 stark abgenommen. In den DA 1 bis DA 4a konnte in geringen Anteilen *Pinus cembra* (Zirbelkiefer) nachgewiesen werden. *Pinus cembra* ist ein Gehölz der kontinentalen, höheren Gebirgslagen und kam während der letzten Kaltzeit auch in den tieferen Lagen vor. Es ist anzunehmen, dass diese Pollenkörner von *Pinus cembra* aus älteren Sedimenten aufgearbeitet wurden. Ein Vorkommen im Großraum Stuttgart nach dem Spätglazial ist sehr unwahrscheinlich. DA 4 ist weiterhin durch die Eichenmischwaldelemente gekennzeichnet, besonders *Tilia* (Linde) ist stark vertreten. Dieser DA datiert aufgrund der etwas höheren *Alnus* (Erle)-Anteile sehr wahrscheinlich in den jüngeren Teil des **Atlantikums**

5.2 Fazit Botanik

Die 4 bislang untersuchten Profile enthalten Pollenkörner in unterschiedlich guter Erhaltung. Profil III (Bohrkern) geht in seinen ältesten Bereichen bis ins (ausgehendem Spätglazial) / Präboreal zurück. Die jüngsten Bereiche der Profile reichen bis in das Atlantikum / frühe Subboreal. In der frühen Phase des Holozäns sind höhere Einträge aus älteren Sedimenten zu beobachten (verstärkte Erosion). Profil II (Mitte-Nord) und IV (Düker) überlappen, wobei die unterste Probe von Profil IV dem DA 2a von Profil II (Mitte-Nord) zu entsprechen scheint. Das Profil VI setzt später ein als das Profil II. Profil IV weist bei 280 cm Tiefe ein PK vom *Hordeum*-Typ auf und könnte mit den Siedlungszeigern von Profil II überlappen.

Pollenanalytisch wurden keine echten Wasserpflanzen nachgewiesen, die ein stehendes Gewässer anzeigen. Lediglich Sumpfpflanzen (*Sparganium*-Typ, *Typha latifolia*-Typ, z. T. Cyperaceae, *Lythrum*) deuten auf nasse Bedingungen hin.

Im Sedimentabschnitt, der dem Atlantikum zugewiesen wird, sind häufig verkohlte Pflanzenreste vorhanden. Dies ist bemerkenswert, da mit der Ausbreitung von Laubmischwäldern die Wahrscheinlichkeit von natürlichen Waldbränden deutlich abnimmt. Möglicherweise sind Aktivitäten von mesolithischen Jägergruppen und/oder frühneolithische Gruppen wie der Bandkeramik Kultur dafür verantwortlich.

Die Pollenprofile weisen im Atlantikum auf einen Eichenmischwald mit viel Linde, Esche, Ahorn und Ulme, was einem frischen Hangwald oberhalb der Profilentnahmestellen entsprechen könnte. Die Erlenwerte bleiben vergleichsweise niedrig, so dass vor Ort wohl kein Erlenbruchwald entwickelt war.

Die pflanzlichen Großreste aus dem Profil S 21 II weisen auf biodiverse feuchte Standorte hin, die im Umfeld des Nesenbachs entwickelt waren. Neben wenigen Hinweisen auf Wälder, sind einzelne Funde von Pflanzenresten von lichtoffenen Standorten mittlerer Feuchte gegeben. Dominierend kommen bei den pflanzlichen Makroresten Taxa unterschiedlicher Feuchtstandorte vor, die von Nasswiesen über Schlammuferfluren bis hin zu Süßwasserröhricht und Großseggenstümpfe reichen. Mit den oft bis zur Art bestimmten Pflanzen kann ein detailgetreues Bild der Vegetation um den einstigen Nesenbach gezeichnet werden.

In den Profilen II (Mitte-Nord) und IV (Düker) sind durch den Nachweis von Siedlungszeigern im DA 3 bzw. 4 neolithische Aktivitäten in der weiteren Umgebung erkennbar.

Eine weitere Verdichtung der Proben in den Profilen II und IV ist für eine Klärung der siedlungsgeschichtlichen Entwicklungen unabdingbar. Dies muss durch weitere ¹⁴C-Datierungen und der Entwicklung eines Altersmodells unterstützt werden.

6 Archäologie

Die während der Aushubarbeiten zum Bahnhofsneubau gemachten Funde und Befunde ergänzen einerseits unser Wissen der Vorgeschichte Stuttgarts erheblich und beleuchten andererseits anschaulich die Schwierigkeiten, die mit der Besiedlung des Talkessels in historischer Zeit verbunden waren. Hauptgrund für die überraschend gute Fundsituation war die mit den laufenden Sedimentationsprozessen des Nesenbachs und seiner Zuflüsse verbundene Einlagerung archäologischer Zeugnisse in den Boden.

6.1 Ausgangslage

Rund um den heutigen Hauptbahnhof sind seit dem frühen 20. Jh. archäologische Zeugnisse beobachtet worden. Bereits der ursprüngliche Flurname „Auf der Mäurach“ für diesen Abschnitt des Schlossgartens verweist auf hier im Boden erhaltene Steinmauern. Im Bereich der späteren Gleisanlagen dürfte sich im 2. Jh. n.Chr. ein größerer landwirtschaftlicher Betrieb, eine sog. Villa rustica, angesiedelt haben. Im Jahr 1933 stellte man beim Verlegen einer Wasserleitung zwischen dem Hauptbahnhof und dem Mittleren Schlossgarten Fundamente und Baureste fest, die zu einem Badegebäude gehört haben dürften, wie es wohlhabende römische Gutsanlagen in dieser Zeit besaßen. Auch ein 50 m langer Mauerzug, der im Jahr 1959 zu Tage kam, als der zentrale Omnibusbahnhof errichtet wurde, lässt sich als Teil der Umfassungsmauer der antiken Gutsanlage deuten.¹ Das Hauptgebäude lag vermutlich in hochwasserfreier Lage oberhalb des Schlossgartens in Richtung des Kriegsbergs im Areal des Kopfbahnhofs bzw. seiner Bahnsteige.

Ferner stieß man bei der Fundierung der neuen Abschlussmauer der Anlagen, 243 m nordöstlich des ehem. Königstors und unmittelbar östlich des Hauptbahnhofs, 1910 in rund 70 cm Tiefe auf ein "wohl alamannisches", beigabenloses Kindergrab in einer Grabkammer, die mit Steinplatten aus Keupersandstein errichtet war. Darin lag auch ein römisches Ziegel-Fragment, das wahrscheinlich, wie auch die Steinplatten, vom nahegelegenen römischen Gutshof stammt.²

In den Jahren 1914 – 1928, während der Bauarbeiten am Bahnhofsgebäude selbst, sowie bei der großflächigen Umgestaltung der angrenzenden Gartenlagen in Zusammenhang mit den Bundesgartenschau 1961 bzw. 1967 wurden hingegen keine archäologisch relevanten Strukturen mehr dokumentiert. Mögliche weitere oberflächennähe Strukturen dürften bei den damaligen Erdarbeiten unbeobachtet zerstört worden sein.

6.1 Entdeckungen auf der Bahnhofsbaustelle S 21

Die im Jahr 2014 begonnenen und bis heute andauernden Untersuchungen des Landesamtes für Denkmalpflege lieferten archäologische Zeugnisse von der frühen Bronzezeit, der Römer- und der Völkerwanderungszeit und der Renaissance. Zu den jüngsten dokumentierten Befunden zählen die während der Gestaltung der ehemaligen Königlichen Anlagen im 19. Jh. errichteten Bauten. Alle Befunde lagen ungewöhnlich tief, in der Regel 4 m, unter der heutigen Oberfläche, was teilweise auf die moderne Geländeumgestaltung, teilweise auf natürlich, kolluviale Prozesse zurückzuführen ist.

¹ Fundber. Schwaben 20, 1912, 53,6; N. F. 8, 1933-35, 115; N. F. 16, 1962, 267 (1).

² Fundber. Schwaben 18, 1910, 84.

6.1.1 Neuzeitliche Strukturen

Die archäologischen Funde der Neuzeit erlauben Rückschlüsse auf die jüngere Stadtgeschichte Stuttgarts. So kam im August 2014 ein aus Steinplatten gebildeter Kanal zum Vorschein, der aus der Wende vom 16. zum 17. Jahrhundert stammt. Es könnte sich um eine Leitung handeln, die bei Hochwasser den in der Nähe verlaufenden Nesenbach entlastete.³ Anfang des 17. Jhs. gab es in diesem Bereich des Schlossgartens eine von Alleen begleitete "Mail"-Bahn. Diese Bahn war das Spielfeld für ein damals an den Höfen Europas beliebtes Kugelschlägerspiel: „Paille-Maille“, ähnlich dem heutigen Krocket oder Golf. Der sorgfältig gebaute Kanal aus großen Schilfsandsteinplatten könnte dazu gedient haben, das Spielfeld trocken zu halten. Diese Annahme wird durch Aufzeichnungen des damaligen Hofbaumeisters Heinrich Schickhardt (1558 – 1635) erhärtet, aus denen hervorgeht, dass die Mail-Anlage immer wieder überschwemmt wurde. Möglicherweise war dieser Kanal ursprünglich aufwendig gestaltet, um sich in die Parkarchitektur einzufügen. Dieser Kanal liegt momentan wieder im Erdreich unter dem Steg des Radfahrweges und soll im kommenden Jahr weiter untersucht werden

Im Sommer 2015 wurde ein zweiter, jüngerer Kanal dokumentiert.⁴ Er wies eine lichte Weite von 2,3 m auf und konnte auf einer Länge von etwas über 30 m nachgewiesen werden. Seine Wasserführung war seitlich durch sorgfältig bearbeitete und gesetzte Sandsteinquadermauern von je 1,1 m Stärke einfasst und zumindest teilweise von einem Tonnengewölbe überdeckt. Die Sohle war nicht befestigt. Hier lagen lediglich die Schwellen eines großen hölzernen Balkenrostes, der von Stützpfehlern gehalten wurde, die bis zu 2,4 m tief in den Boden gerammt worden waren. Diese aufwendige Unterkonstruktion verhinderte, dass das schwere Steinwerk im sehr weichen, lehmigen Untergrund versank. Bevor das Kanalbauwerk im Zuge der Bauarbeiten vollständig abgerissen wurde, konnten aus der Holzfundamentierung Proben für eine dendrochronologische Datierung entnommen werden. Die Untersuchung durch das dendrochronologische Labor des Landesamtes für Denkmalpflege erbrachte für die Tannen- und Fichtenbalken der Querhölzer des Balkenrosts Fälldaten in den Jahren 1817 und 1818 und für einen der Stützpfehle aus Eiche mit 1807 einen etwas früheren Zeitpunkt. Somit konnte die bereits bestehende Vermutung untermauert werden, dass es sich um einen Kanal der ab 1807 in mehreren Etappen verwirklichten „Königlichen Anlagen“ handele.⁵ Vor diesem Zeitpunkt war dieser Abschnitt des Talgrundes sumpfig und Wegelos. Unter König Friedrich wurde nun nach umfangreichen Enteignungen die erste Allee zum Rosenstein, der sog. Platanen-Weg als durchgängiger beschatteter Spazierweg angelegt. Der Kanal ist auch auf Karten und Ansichten des frühen 19. Jhs. dargestellt. Darauf ist zu sehen, wie die ansonsten offenen Wasserläufe des Schlossgartens durch kurze Tunnelabschnitte unter der zentralen Platanenallee hindurchgeführt wurden. Das Kanalbauwerk dürfte damit Teil der ab 1807 nach Plänen von Nikolaus Friedrich von Thourets (1767 – 1845) verwirklichten „Königlichen Anlagen“ gewesen sein. In der Verfüllung des Kanals konnten mehrere Sedimentationsbänder beobachtet werden, die

³ M.Thoma/Chr. Brasse, Stuttgart, Mittlerer Schlossgarten – ein unbekanntes Bauwerk der Barockzeit. Archäologische Ausgrabungen Baden-Württemberg 2014, 358-362

⁴ A.Thiel, Bahnhofsbaustelle Stuttgart 21 – ein Kanal der Königlichen Gartenanlagen. Archäologische Ausgrabungen Baden-Württemberg 2015, 328-331.

⁵ O. Gerhardt, Stuttgarts Kleinod. Die Geschichte des Schloßgartens, Rosensteins, sowie der Wilhelma (Stuttgart 1936).

wohl nach einer Aufgabe des Kanals entstanden. Eine spätere Wiedernutzung ist durch einen Einbau des frühen 20. Jhs. bezeugt.

6.1.2 Römer- und Völkerwanderungszeit

Zu den 2014 untersuchten römischen Befunden zählen zwei einander gegenüberliegend errichtete, runde Töpferöfen, wohl aus dem 2. Jh. Einsickerndes Schichtenwasser führte vermutlich bereits nach kurzer Zeit zur Aufgabe der Brennöfen. Vor dem Bau neuer Ofenanlagen, diesmal zur Produktion von Dachziegeln, wurden daher Kanäle angelegt, die den Produktionsbereich entwässern sollten. Das sich ansammelnde Wasser wurde größeren ziegelgefassten Kanälen zugeleitet und floss zum Teil einer großen Grube in Richtung Norden zu, bei der es sich um Materialentnahmegrube handeln dürfte, aus der Ton zur Errichtung der Öfen und zum Formen der Dachziegel gewonnen bzw. aufbereitet wurde. Vermutlich erwies sich jedoch der Versuch, eindringendes Schichtenwasser über Kanäle abzuleiten, auf Dauer als nicht praktikabel. Aus diesem Grunde dürfte ein älterer Ziegelofen aufgegeben und mit Ziegelbruch bzw. dem Schutt von Tenne und Ofenwand verfüllt worden sein. Darüber wurde ein neuer Ziegelbrennofen errichtet, dessen Grundfläche exakt über der des alten Ofens lag. Nun wurde eindringendes Wasser in der alten Brennkammer aufgefangen und durch den Kanal abgeleitet. Zumindest bei kleineren Überschwemmungen blieb die Anlage damit trocken. Da der Ofen auf Ziegelschutt errichtet worden war, musste der Boden des neuen Ofens mehrlagig mit flachen Dachziegelplatten (*tegulae*) ausgelegt werden. Nordwestlich des jüngeren Ziegelbrennofens lag in etwa 7 m Entfernung ein weiterer Ziegelbrennofen. Innerhalb seiner annähernd quadratischen Brennkammer von knapp 3 m Seitenlänge waren jeweils 4 Zungenmauern gegeneinander angeordnet; sie trugen die nicht mehr erhaltene Brenndecke. Ob auch diese Anlage infolge eindringenden Wassers aufgegeben wurde, bleibt offen. Mit dem Verrieb der Töpfereiprodukte und Dachziegel hatten die Besitzer des Gutshofes ein zweites wirtschaftliches Standbein. Absatzmarkt dürften die Bewohner der römischen Ansiedlung von Bad Cannstatt in der Nachbarschaft gewesen sein. Wie lange und in welchem Umfang geziegelt wurde, lässt sich nur schwer abschätzen. Mit dem Ende der Römerzeit in Südwestdeutschland in der Mitte des 3. Jhs. wurde der Betrieb spätestens eingestellt. Die Lage der Ziegelei zum Nesenbach hin, war den örtlichen Ton- und Wasservorkommen nach gut gewählt, letztlich dürften die stetigen Probleme mit eindringendem Wasser aber ausschlaggebend für ihre Aufgabe gewesen sein.

In den römischen Fundschichten fanden sich die Pfostensetzungen und Gruben einer frühallmannischen Siedlung. Die als schwarz-braune, humose Verfärbungen gut erkennbaren Befunde waren bei der Ausgrabung lediglich noch 0,2-0,4 m tief erhalten, doch dürfte wohl eine ca. 0,5 m starke Bodenschicht im Laufe der Zeit durch Erosion verloren gegangen sein. Demzufolge weisen die Pfosten auf ehemalige Gebäude in Holz-Fachwerk-Technik hin, während es sich bei wenigstens zwei annähernd rechteckigen, 3,4 m x 2 m messenden Gruben ursprünglich um sog. Grubenhäuser gehandelt zu haben scheint. Derartige Kleinbauten sind in vor- und frühgeschichtlichem Kontext häufig zu finden und werden gewöhnlich als Lagerhäuser oder als Werkräume zur Aufnahme fest installierter Webstühle gedeutet. Grubenhäuser standen nicht alleine, sondern stets im Umfeld einer größeren Siedelstelle. Dies war offenbar auch der Fall bei der Fundstelle im Stuttgarter Schlossgarten: So zeigt ein im Grundriss deutlich erkennbarer, mindestens 14 m langer und 5,8 m breiter, einschiffiger Hallenbau mit zentraler Feuerstelle im Südwesten der untersuchten Fläche mit Sicherheit ein langrechteckiges Wohnstallhaus an. Seine nördliche Hälfte ruht momentan noch

unausgegraben im Baufeld des Bahnhofstrogas. Etwa 80 m nordöstlich dieser Holzbauten konnten in 5 m Tiefe unter der heutigen Geländeoberkante weitere Pfostenstellungen dokumentiert werden, deren Funktion bislang unklar bleibt. Vielleicht handelte es sich um eine Uferbefestigung des Nesenbachs. Im Unterschied zu den Befunden der Gebäude, steckten hier noch die ursprünglichen Holzpfähle aus halbierten, schwachen Eichenstämmen in den Gruben. Ihre dendrochronologische Bestimmung und die Ergebnisse einer zusätzlichen 14C-AMS Messung weisen auf ein Fälldatum der verwendeten Bäume im frühen 4. Jahrhundert n. Chr. Diese Datierung unterstützen Funde handgemachter Keramik, Fibeln, spätrömische Münzen und andere Metallfunde aus dem gesamten Areal. Auch dieses Material stammt ausnahmslos aus der Zeit um bzw. kurz nach der Mitte des 4. Jahrhunderts. Das seit 1910 bekannte Kindergrab aus der Nachbarschaft dürfte mit der Siedlung in Verbindung stehen.

Zusammengenommen sprechen die angetroffenen Funde und Befunde damit für ein Gehöft oder einen kleiner Weiler germanischer Neusiedler, die das Gelände des einstigen Gutshofs gut einhundertfünfzig Jahre nach dem Ende der Römerzeit in Besitz genommen haben. Vermutlich stieß man eher zufällig auf den Platz der verfallenen römischen Villa. Es ist nicht anzunehmen, dass die Überreste der Steinhäuser, die Öfen oder andere römerzeitliche Bauten noch durch die Alamannen genutzt werden konnten. Zumindest das Areal in der Niederung scheint vielmehr durch Lehmschichten von Hochwasserereignissen überformt. Aber auch die höher gelegenen, „trockenen“ Feldfluren dürften längst zugewachsen gewesen sein. Vielmehr war es erneut die Nähe des Nesenbachs, bzw. seiner Zu- und Nebenläufe, die auch die germanischen Bauern an diese Stelle lockte. Anders als zuvor in der Römerzeit verzichtete man in dieser Zeit gerne auf den Bau von Brunnen, sondern schöpfte Trink- wie Brauchwasser auf offenen Gewässern. Die Lage nahe des Bachlaufs und seine Nähe zu gut nutzbarem Ackerland etwas hangaufwärts wurde erneut attraktiv. Falls auch die germanischen Siedler Probleme mit Hochwassern hatten, so war dies während der Grabungen nicht erkennbar. Allerdings hatte die kleine alamannische Siedlung keinen Bestand, sondern wurde schon nach kurzer Zeit wieder aufgegeben. Ob die Menschen weiter zogen oder innerhalb des Stuttgarter Talkessels einen neuen evtl. besseren Siedelplatz fanden, wissen wir nicht.

6.1.3 Eine junge Frau aus der Bronzezeit

Im Sommer 2015 stieß man am südlichen Rand des Baufeldes nahe beieinander auf Menschen- und Tierknochen, die teilweise durch den Bodenabtrag verworfen waren. Die umgehend durchgeführten Untersuchungen des Fundplatzes durch das Landesamt für Denkmalpflege ergaben, dass hier in einer Tiefe von etwa vier Metern unter der heutigen Oberfläche ein menschliches Skelett in einer schlammigen Tonschicht lag.

Die Körperhaltung - auf der linken Seite liegend mit angewinkelten Armen und Beinen - spricht für eine reguläre Bestattung. Solche sogenannten „Hockergräber“ sind in der Vorgeschichte häufig und datieren in die Jungstein- und Frühbronzezeit. Charakteristische Funde, die das Alter dieser Bestattung anzeigen, fanden sich zunächst nicht. Unweit des Grabes wurden zwei weitere Stellen mit tierischen Knochenresten entdeckt, die offenbar durch den einst hier verlaufenden Nesenbach verlagert worden waren. Momentan muss offen bleiben, ob es sich um eine isolierte Bestattung gehandelt hat, oder ob sich weitere Grablegen in der Nachbarschaft (außerhalb des Baufeldes) befinden.

Mittlerweile liegen erste Ergebnisse der anthropologischen Untersuchungen vor: Das Skelett ist unvollständig überliefert. Der Schädel fehlt. Die erhaltenen Knochen weisen die für feuchtes Liegemilieu typische Färbung auf und können einer 17- bis 19-jährigen jungen Frau zugewiesen werden. Sie war etwa 1,60 m groß, litt unter leichten Mangelerscheinungen, Parodontose, einem kariösen Zahn sowie einem entzündlichen Prozess im rechten Knie. Zudem lassen sich Zahnsteinablagerungen feststellen und beidseitige Hockerfacetten (Abnutzungen an den Knochen der Hüft- und Handgelenke, die durch beständiges Mahlen von Getreide zu Mehl in immer gleicher gehockter Position hervorgerufen wurden). Spezifische Merkmale deuten ferner darauf hin, dass die junge Frau bereits eine Geburt hinter sich hatte.

Zwischen den Menschenknochen wurden je ein Mittelhand- und ein Mittelfußknochen von Schaf/Ziege entdeckt, die in Anlehnung an vergleichbare Funde wahrscheinlich als Rohmaterialien für die Artefaktherstellung gedient haben und evtl. als Beigaben mit ins Grab kamen.

Mit Hilfe einer Radiokohlenstoffmessung ließ sich die Bestattung in die ältere Bronzezeit datieren, genauer in die Jahre um 1560 vor Christus. Damals hatte in Süddeutschland der neue Werkstoff Bronze den zuvor viele Jahrtausende verwendeten Stein als Hauptmaterial für die Herstellung von Schmuck, Werkzeugen und Waffen abgelöst. Aus dieser Epoche waren aus dem Stuttgarter Talkessel selbst bislang noch keine Funde bekannt. Die nächstgelegenen Nachweise stammen aus dem rund 4 km entfernten Bad Cannstatt. Zeitgleiche Funde aus verschiedenen Grabungen im Stadtgebiet sind auch im Landesmuseum Württemberg im Alten Schloß ausgestellt.

6.1.3 Zwischenstand der archäologischen Untersuchungen

Die Befunde der Grabung im Mittleren Schlossgarten belegen zum ersten Mal die zumindest periodische Anwesenheit von Menschen im Stuttgarter Talkessel bereits für die frühe Bronzezeit. Sie werfen auch ferner ein Licht auf die komplexe Siedel- und Lebenssituation in frühgeschichtlicher Zeit, die bereits stark vom Nesenbach geprägt und auch schon von Hochwassern bedroht worden ist. Nach Aussage der jüngeren Befunde änderte sich daran bis in die Neuzeit hinein wenig. Durch die Fortsetzung der Ausgrabungen im Zuge des Baufortschritts für den Bahnhofsneubau sind in den kommenden Jahre weitere Ausgrabungen geplant, mit deren Hilfe sich das gewonnene Bild erweitern lassen wird. Schon jetzt wird deutlich, dass die mächtigen, durch Anschwemmung entstandenen Sedimentschichten des Nesenbachs eine wichtige Quelle für die Rekonstruktion der Umweltbedingungen aller Epochen darstellen. Durch seine besonderen hydrologischen Bedingungen bietet der Stuttgarter Talkessel so die Möglichkeit, mittels naturwissenschaftlichen und archäologischen Untersuchungen außerordentliche Erkenntnisse über die anthropogene Gestaltung der Landschaft seit der Eiszeit zu gewinnen.

7 Geschichtswissenschaften

7.1.1 Bemerkungen zur Besiedelungsgeschichte des Stuttgarter Tals

Der Historiker Otto Borst hat seine 1973 herausgegebene Stadtgeschichte⁶ mit dem Satz begonnen „Stuttgart hätte nie Stadt werden dürfen“. Diese ersten Worte des Buches provozierten damals die Leser heftig und riefen massiven Widerspruch hervor. Borsts Aussage impliziert jedoch nichts anderes als die Frage nach den Vor- bzw. Nachteilen von Stuttgart's Kessellage, die von vielen als einzigartig empfunden wird. Damit stellte er die Überlegung, was eigentlich einen Gunst- oder Ungunstraum ausmacht, an den Anfang und ließ den Leser selbst nach der Antwort suchen.

Neben der eigentlichen Besiedelungsgeschichte des Stuttgarter Tals stellen sich vor allem folgende Fragen: welches sind die naturräumlichen Gegebenheiten im Talkessel und welche Anstrengungen haben die Menschen zu unterschiedlichen Zeiten unternommen, diese Voraussetzungen entsprechend ihrer sich verändernden Lebensbedingungen und ihrer kollektiven Bedürfnisse zu gestalten. Dieser Gestaltungswille ist seit dem ersten Auftauchen des Menschen im Nesenbachtal feststellbar und hat mit der Zeit immer deutlicher sichtbare und nachhaltigere Spuren hinterlassen. So ergibt sich als eines der Forschungsziele, das Ausmaß und den Verlauf der kulturbedingten Eingriffe in den vom Menschen vorgefundenen Naturraum zu erkennen und zu dokumentieren. Von Interesse sind dabei auch die Wechselwirkungen von Natur und Kultur, will heißen, ob die „Verbesserungsmaßnahmen“ der Menschen eventuell eine Verschlechterung der Daseinsgrundlage nach sich gezogen und vermehrt Anstrengungen gegen die Naturgewalten erfordert haben. Diesen vielfältigen Spuren im interdisziplinären Austausch nachzugehen, sie zu beschreiben und letztlich daraus neue Erkenntnisse zur Geschichte des Stuttgarter Tals zu ziehen, ist Ziel der Zusammenarbeit natur- und geisteswissenschaftlicher Disziplinen.

In seinem 1933 erschienenen fundamentalen Werk „Flurnamen der Stadt Stuttgart“ schreibt Helmut Dölker: „Die Frage der Entstehung der Stadt Stuttgart ist im Einzelnen noch nicht geklärt.“⁷ Auch mehr als acht Jahrzehnte später hat sich daran noch nichts Wesentliches geändert. Stuttgart's Geschichte liegt in ihrer Frühphase noch immer weitgehend im Dunkeln. Erhellend sind die in jüngerer und jüngster Zeit gemachten Bodenbefunde und archäologischen Grabungen, da die schriftliche Überlieferung nur äußerst dürftig beziehungsweise über weite Strecken gar nicht vorhanden ist. Aus diesem Grund sind andere Erkenntnisse als die schriftlichen zur Geschichtsinterpretation unverzichtbar und dringend von Nöten. Im vorliegenden Beitrag soll auch auf die Bedeutung zahlreicher, bisher weitgehend unbeachtet gebliebener Quellen hingewiesen werden, welche den Blick in Stuttgart's Vergangenheit zugleich weiten und schärfen können. Nach den Kapiteln zu den naturräumlichen Grundlagen folgen einige Bemerkungen zu den urkundlichen Hinweisen auf die Existenz Stuttgart's bevor zu archäologischen und historischen Fragestellungen überleitet wird, um mit einem Fazit zu schließen.

⁶ Otto Borst, Stuttgart – die Geschichte der Stadt, Stuttgart/Aalen 1973.

⁷ Helmut Dölker, Flurnamen der Stadt Stuttgart, Stuttgart 1933, S. 36, Anm. 4 (Nachdruck als „Forschungen und Berichte zur Volkskunde in Baden Württemberg“, Bd. 6, Stuttgart 1982)

7.1.1 Bemerkungen zu den naturräumlichen Gegebenheiten im Stuttgarter Tal

Das von Vaihingen/Kaltental kommende teilweise sehr enge Nesenbachtal vereinigt sich im Bereich des heutigen Wilhelmsbaus (Ecke Rotebühl-/Marien-/Königstraße) mit dem amphitheatralisch erweiterten westlichen Talkessel des Vogelsangbachs. An der breitesten Stelle beträgt der Abstand der das Tal einschließenden Hügelketten ca. 4 000 Meter, kurz vor der Einmündung des Nesenbachs in den Neckar verengt sich das Tal auf knapp 200 Meter.

Die Hänge sind teilweise von herabstürzenden Bächen zerfurcht, die an den Hangfüßen Schwemmfächer ausgebildet haben. Sie sind als hochwassersichere Bereiche einzustufen, selbst bei extremer Wasserführung des Nesenbachs.

Das Tal besaß und besitzt noch weitere siedlungsgeographische Gunsträume. Alle bisher dokumentierten Siedlungsspuren zeigen, dass zu unterschiedlichen Zeiten auch die Ansprüche der Menschen an einen „Gunstraum“ einem Wandel unterworfen waren. Während der Steinzeit sind Siedlungsplätze vor allem auf den Höhen um den Talkessel nachweisbar, später boten die ufernahen, aber hochwassersicheren Stellen im Talgrund gute Voraussetzungen für Menschen mit ihren durch die Sesshaftigkeit veränderten Lebensbedürfnisse.

An mehreren Stellen im Talgrund stehen harte Gesteinsbänke an, die teilweise aus Sauerwasserkalk (Travertin), teilweise aus Gipskeuper gebildet werden.⁸ Eine Felsbank soll sich ursprünglich von der Unteren Prag bei der Ecke Nordbahnhof-/Rosensteinstraße unter dem Hauptbahnhof und der Königstraße bis zum Wilhelmsbau erstreckt haben. Die durchschnittliche Breite von 200 Meter erweiterte sich südwestlich des Schlossplatzes erheblich, so dass das Gestein schließlich von der Calwer Straße bis zur Karlstraße beim Kaufhaus Breuninger gereicht haben soll. Auch die Stiftskirche steht auf einer Travertinbank. Beim Bau des Hotels Banzhaf (heute Grundstück Bolzstr. 5) stieß man in der Baugrube auf eine 4 m dicke Travertinbank.

Als 1955 das Rathaus bis zur Eberhardstraße erweitert wurde, reichte die Baugrube bis in eine Tiefe von sieben Metern unter das Straßenniveau. Ein Zeitungsbericht gibt nähere Auskunft über diesen Befund.⁹ Unmittelbar an der Eberhardstraße wurde „der dunkelerdige Nesenbachschlick auf fünf Meter Tiefe durchstoßen“ bevor man den auf der Sohle der gesamten Baugrube angetroffenen Keupermergel stieß. Er ist tragfähig und zeigte „an einzelnen Stellen Travertinfärbung, das heißt gelbliche Stellen“. Sie rühren von „kleinen Mineralwasseraustritten zwischen dem einst offen fließenden Nesen- und Vogelsangbach“ her. Es heißt, man habe bereits in anderen Baugruben der Kernstadt Mineralwasseraustritte feststellen können. Dies sei auch der Fall gewesen beim Bau des Bunkers unter dem Marktplatz 1940/41.

7.1.2 Nichtanthropogene Streufunde im Talkessel

Etwa seit dem 16. Jahrhundert gibt es interpretationsfähige Berichte über Bodenfunde im Stuttgarter Tal. Zu dieser Zeit war das Ungewöhnliche, das Kuriose und Aufsehererregende erwähnenswert. Weitere Schlüsse aus den Funden wurden nur in den seltensten Fällen gezogen. Dies ist heute anders. Diese Berichte sind für uns erstrangige Quellen zur Rekonstruktion bzw. Interpretation

⁸ Wilhelm Friz, Die Stiftskirche zu Stuttgart, Stuttgart o. J. (1929), S. 14 – 17.

⁹ Richard Zanker („rz“), Sieben Meter tief unter dem neuen Rathaus. In: Stuttgarter Nachrichten vom 8. November 1955.

historischen Boden- und Geländeverhältnisse. Anhand der überlieferten Lage des Fundes und seiner beschriebenen Gestalt lassen sich in günstigen Fällen beispielsweise Aussagen zur Transportkraft der Gewässer, zu Hangrutschungen sowie zur historischen Flora und Fauna machen. Die Erfassung dieser frühen Augenzeugenberichte in Dokumenten, Zeitungsnutzen etc. bedarf vermehrter Anstrengung, da die daraus gewonnenen Erkenntnisse umso eher den tatsächlichen historischen Gegebenheiten nahe kommen, je breiter die „Quellenlage“ ist. Einige Fund-Beispiele mögen dies verdeutlichen.

An mehreren Stellen im Gebiet der historischen Altstadt wurden Eichenstämme gefunden¹⁰, die wohl natürlich zu Fall gekommen waren, also nicht zur Befestigung des sumpfigen Untergrundes in den Boden gerammt worden waren. Beim Graben einer Dohle stießen 1625 Arbeiter auf eine „eisenharte“ Eiche, von deren Stamm „gar nichts“ und von den Ästen „nur mit Mühe“ etwas abgeschlagen werden konnte. Der Fundort lag „unweit des Esslinger Tors“, das sich einst am heutigen Charlottenplatz bei der Einmündung der Kanalstraße befunden hat, also am rechten Ufer des Nesenbachbetts. Ein Vierteljahrhundert zuvor war beim Graben eines Kellers „unweit des Alten Schlosses“, also links der Nesenbachaue, ebenfalls ein Eichenstamm gefunden, „der ganz schwarz und so hart war, daß man ihn mit keiner Axt zerhauen konnte“.¹¹ Es ist anzunehmen, dass diese Bäume an Ort und Stelle oder nur unweit des Fundplatzes gewachsen waren. Die Farbe und die Härte weisen darauf hin, dass die Stämme über sehr lange Zeit bzw. dauerhaft in feuchter Umgebung lagen.

An anderer Stelle, „neben der Steinstraße“¹², fand man 1907 in einer Tiefe von 4,5 m „in dem dort angeschwemmten Steingeröll“ einen stark mannsarmdicken Eichenast, der „wie ein Tragjoch“ gekrümmt und etwa 1 m lang war. Er wies an den beiden Enden und an weiteren vier Stellen „die unzweifelhaften Spuren der Bearbeitung von menschlicher Hand“ auf. Es wurde angenommen, der Ast sei „von weit oberhalb herabgeschwemmt“ worden.

Andere Hinweise lassen zwar ebenso wenig Zweifel an der Authentizität der Beobachtung aufkommen, sind aber schwieriger zu interpretieren. So wurden 1908 in der Grube für einen Neubau der Firma Breuninger in der Sumpfschicht verstreut eine große Menge Rinderhörner („kurz und wenig gebogen“) sowie Schädelreste einer Rasse, „die bei uns nicht mehr existiert“.¹³

Häufig ist in Zeitungen und anderen Periodika von ungewöhnlichen Tierfunden die Rede. Am 14. April 1805 beispielsweise fanden Arbeiter beim Graben eines Kellers „vor dem Hauptstätt Thor am Fuß des Bopsers“ in etwa 4 m Tiefe einen harten Körper¹⁴. Erst als er zertrümmert war, stellten sie fest, dass es sich um ein Horn oder einen Zahn von ungewöhnlicher Größe gehandelt hatte. Anschließend kamen viele weitere „unordentlich untereinander im aufgeschwemmten Talboden“ liegende Knochen und Zähne zum Vorschein.

¹⁰ Karl Pfaff, Geschichte der Stadt Stuttgart, nach Archival-Urkunden und anderen bewährten Quellen, 1. Teil, Stuttgart 1845, S. 2 Anm. 3.

¹¹ Ebda.

¹² Alban Rößger, Zur Vorgeschichte von Stuttgart. In: Neues Tagblatt vom 30. Juni 1927.

¹³ Ebda.

¹⁴ Schwäbische Chronik vom 3. Mai 1805, S. 215.

Nur anderthalb Jahrzehnte später stieß man vor dem Tübinger Tor auf ein etwa 70 cm langes Stoßzahnstück eines Mammuts. Der Wirt des in der Marktstraße gelegenen Gasthauses „Zum Wilden Mann“ hatte dort die Grube zum Bau eines Kellers graben lassen.¹⁵ Der Stoßzahn war in roten Lehm eingebettet, darunter lagen Sandsteingerölle auf Tuffstein. Man vermutete, der Zahn könne durch eine Flut an diese Stelle gelangt sein. Knochen und Zähne von Waldelefanten fand man im 20. Jahrhundert auch in der Baugrube des Hotels Graf Zeppelin und unlängst beim Neubau Ecke Lautenschlagerstraße/Thouretstraße.

7.1.3 Eingriffe des Menschen in die naturräumlichen Gegebenheiten

1807 wurden die untere Königstraße und die Schlossgartenanlagen angelegt. Ausdrücklich heißt es, die Wiesen in den Anlagen seien noch sumpfig, „wo sie nicht trocken gelegt wurden“. Bei Kanalarbeiten in der unteren Königstraße fand man in über 5 m Tiefe „noch deutlich erkennbare Überreste von Sumpfpflanzen“ ... „in fetten Leimen“.¹⁶

Wie weiter oben dargelegt, wurde wohl nicht nur bei der Stadtausdehnung im 12. und frühen 13. Jahrhundert der sumpfige Talgrund durch Aufschüttung befestigt, dies dürfte auch später bei der Planierung des Lustgartens erfolgt sein.

Es stellt sich ganz konkret die Frage, ob der Abraum des Kohlebergwerks im Kriegsberg zum Auffüllen nasser Wiesen im Nesenbachtal verwendet wurde. Erstmals hatte Herzog Friedrich 1596/97 den Versuch unternommen, die bis zu zehn Zentimeter starken Kohlevorkommen ausbeuten zu lassen.¹⁷ Bittere Klagen der Schmiede über die Minderwertigkeit der Kohle ließ der Herzog nicht gelten. Heute wissen wir, dass es sich vom Brennwert her eher um Braunkohle gehandelt hat. Zwischen 1611 und 1617 hatte der herzogliche Baumeister Heinrich Schickhardt¹⁸ im Auftrag Herzog Johann Friedrichs ein Steinkohlenbergwerk eingerichtet, dessen Kohle zum Befeuern eines Kalkofens dienen sollte. Aufwand und Ertrag standen in keinem Verhältnis zueinander, weshalb auch spätere Abbauversuche im 18. Jahrhundert nach kurzer Zeit zum Erliegen kamen.¹⁹ Es ist naheliegend anzunehmen, dass der beträchtliche Abraum zur Befestigung der in die Nesenbachau hinein projektierten Erweiterungsfläche des Lustgartens verwendet wurde. Die Quellen zur Baugeschichte der Lustgärten im 16. und 17. Jahrhundert sind offenbar unter diesem Gesichtspunkt noch nicht hinterfragt worden.²⁰

¹⁵ Württembergisches Jahrbuch, hrsg. von J. D. G. Memminger, 3. u. 4. Jg., Stuttgart 1821, S. 150.

¹⁶ Ebda.

¹⁷ Jürgen Hagel, Saurier, Pest und Brotkrawall – Episoden aus Stuttgarts Vergangenheit, Tübingen 2000, S. 114-118.

¹⁸ Heinrich Schickhardt, Inventarium 1630-1632, hrsg. von André Bouvard u. a., Karlsruhe 2013, S. 441.

¹⁹ Über die bisherigen Versuche auf Steinkohlen in Württemberg. In: Württembergische Jahrbücher, Jg. 1849, 2. Heft, Stuttgart/Tübingen 1851, S. 115-133, hier 115-117.

²⁰ Dazu bisher grundlegend: Stefan Gugenhan, Die Landesherrlichen Gärten zu Stuttgart im 16. und 17. Jahrhundert (Veröffentlichungen des Archivs der Stadt Stuttgart Bd.72), Stuttgart 1997.

Forschungsbedarf

Im Zusammenhang mit den historisch belegten oder historisch wahrscheinlichen Aufschüttungen wäre an geeigneten Stellen eine stratigrafische Untersuchung wünschenswert, um zu erfahren, aus welchen Komponenten sich das Schüttmaterial zusammensetzt. Dies könnte bei entsprechenden Datierungsmöglichkeiten sogar Hinweise ergeben, wann welche Steinbrüche im Stuttgarter Tal ausgebeutet wurden.

Als weitere Interpretationsquelle sind kartographische Darstellungen seit dem Ausgang des 16. Jahrhunderts überliefert. Sie bilden landschaftsbestimmende Elemente – seien sie nun natürlichen oder kulturellen Ursprungs – ab, welche zur Zeit ihrer Entstehung dem Auftraggeber oder dem Kartographen wesentlich waren. Die Karten geben – im Übrigen historische wie aktuelle – stets nur eine willkürliche Auslese der tatsächlichen Grundlagen und des wirklich Vorhandenen wider. Kartendarstellungen des Stuttgarter Talkessels vermögen in ihrer Detailtreue die schriftliche Überlieferung unter Umständen ganz wesentlich zu ergänzen.

Sie dienen dazu, sowohl die natürliche Oberflächenstruktur des Nesenbachtals abzubilden (teilweise durch Längs- und Querprofile!) als auch Aussagen zu kulturbedingten Aufschüttungen im Talgrund zu ermöglichen. Beim Vergleich einzelner Karten lassen sich sogar Hinweise auf kulturbedingte Geländemodellierungen finden, obwohl sie in der Regel nicht maßstabsgetreu sind.

Der Blick auf Stadtpläne des historischen Stuttgarter Zentrums aus dem 18. Und 19. Jahrhundert zeigt eine nur unwesentlich modifizierte und über Jahrhunderte gewachsene Grundrissstruktur. Dieser Grundriss erlaubt nicht nur Aussagen zur Siedlungsentwicklung sondern – vorsichtig gesagt - auch zu den geographischen Verhältnissen vor der Stadtwerdung

7.2.1 Historische Grundlagen

Die auf Schriftlichkeit beruhende klassische historische Quellenlage zur Frühzeit des Stuttgarter Tals ist äußerst dünn. Sie lässt nur wenige Aussagen zu einer geschichtlichen Entwicklung Stuttgarts zu. Es erscheint schon beim flüchtigen Blick auf die Quellen wünschenswert, ja unerlässlich, Erkenntnisse anderer wissenschaftlicher Disziplinen – vor allem von Archäologie und Naturwissenschaften – zur Erhellung der Frühgeschichte dieser Stadt in die Darstellung einzu beziehen. Ohne diese bisher von der Geschichtsforschung weitgehend unbeachtet gebliebenen ergänzenden Erkenntnisse stehen die folgenden punktuellen Erwähnungen im „luftleeren“ Raum.

Die älteste, historisch verlässliche Nennung von Stuttgart geht auf die Zeit um 1160 zurück²¹, als in den Traditiones Hirsaugienses²² ein Eintrag über Jahrtagsstiftungen eines Hugo von Stuttgart („Hugo de Stuoarten“) erfolgt ist. Hugo hat damals 2 Talente (2 Pfund Pfennige) aus Einkünften in dem südöstlich von Calw gelegenen Stammheim sowie 1 Talent aus Sasbach bei Achern am Westabhang des Nordschwarzwaldes dem Kloster Hirsau gestiftet. Da das Calwer Grafenhaus in Sasbach und Stammheim ebenfalls Besitz hatte, ist es naheliegend, in Hugo einen jüngeren Angehörigen dieser Familie oder wenigstens einen nahen Verwandten zu vermuten. Beide Orte

²¹ Durch Vergleiche mit anderen Eintragungen kann die Zeit der Stiftung Hugos auf um 1160 eingegrenzt werden.

²² Karl Otto Müller, Traditiones Hirsaugienses. In: Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte, IX. Jg. 1949/50, S. 21 – 46. Zu Hugo von Stuttgart S. 35f.

liegen verhältnismäßig weit von Stuttgart entfernt und so ist es höchst unwahrscheinlich, dass es sich bei Hugo nur um einen von den Calwer Grafen eingesetzten Verwalter („Ministeriale“) von deren Besitz im Nesenbachtal gehandelt hat. Auf Hugo wird weiter unten noch einmal zurückzukommen sein.

Möglicherweise fußt eine Notiz des Abtes von Blaubeuren, Christian Tubingius, auf einer etwa 50 Jahre älteren, jedoch verlorenen Originalquelle. Tubingius zitiert in seiner zu Beginn des 16. Jahrhunderts zusammengetragenen Klosterchronik den Eintrag in einem Nekrolog (Totenbuch), in dem von Weingärten in Stuttgart die Rede ist. Ein Geistlicher mit Namen Udalrich (Ulrich) soll diese Weingärten dem Kloster Bebenhausen übertragen haben.²³ Da die Nennungen bei Christian Tubingius nicht immer zuverlässig sind, bleibt die Existenz Udalrichs unsicher.

Die erste tagesgenau datierbare Erwähnung Stuttgarts findet sich in einer am 8. März 1229 in Perugia ausgestellten Urkunde Papst Gregor IX.²⁴ Dass der erwähnte Ortsname „Stutkarcen“ nicht mit „t“ sondern mit „c“ geschrieben wurde, kann wohl auf die Ortskenntnis des päpstlichen Schreibers zurück geführt werden, wie der Historiker Oliver Auge einleuchtend erklärt hat.²⁵ In der Urkunde wird dem Kloster Bebenhausen in Stuttgart und in dem auf Sichtweite im Bereich der Wolframstraße gelegenen Dorf Tunzhofen sowie in vielen anderen Orten sein Besitz bestätigt. Da in einem früheren Güterverzeichnis des Klosters, das um 1200 zusammengestellt wurde, Stuttgart noch nicht erwähnt wird, ist es naheliegend, dass die Grundstücke erst in den ersten drei Jahrzehnten des 13. Jahrhunderts an Bebenhausen gekommen sind.

Diese recht lückenhafte schriftliche Überlieferung im 12. und frühen 13. Jahrhundert gewährt kaum Einblicke in die Geschichte der heutigen baden-württembergischen Landeshauptstadt. Dennoch galt die erstmals im 16. Jahrhundert erwähnte Gründungslegende vom Stutengarten des Schwabenherzogs Liutolf bis zur Jahrtausendwende quasi als historische Tatsache. Sie bildete in nahezu allen Darstellungen der Stadtgeschichte den Ausgangspunkt für Stuttgarts Entwicklung. Noch ältere Chroniken gehen auf die Entstehung der späteren Residenz am Nesenbach gar nicht ein. Den ersten Hinweis auf das Gestüt und dessen Gründung durch Herzog Liutolf bringt der 1572 verstorbene württembergische Kanzler Johann Fessler in seiner Historiographie.²⁶ Eine Quelle für diese „Überlieferung“ nannte Fessler nicht, dennoch wurde diese Gründungsgeschichte fortan in fast alle Stadtgeschichten übernommen.

²³ Gertrud Brösamle (Hrsg.), Christian Tubingius Burrensis coenobii annales. Die Chronik des Klosters Blaubeuren, übersetzt von Bruno Maier, (Schriften zur südwestdeutschen Landeskunde Bd. 3) Stuttgart 1966, S. 128.

²⁴ Oliver Auge, 775 Jahre „Stutkarcen“. In: Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte, 64. Jg. 2005, S. 11 – 22.

²⁵ Ebda. S. 13.

²⁶ Gerhard Wein, Die mittelalterlichen Burgen im Gebiet der Stadt Stuttgart, I. Band: Die Burgen im Stuttgarter Tal (Veröffentlichungen des Archivs der Stadt Stuttgart Bd. 20), Stuttgart 1967, S. 2 u. Anm. 4. – Adolf Diehl, Die Entstehung Stuttgarts. In: Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte 1942, S. 262 – 278, hier S. 265f. und 269.

7.2.2 Gewonnene und entgangene Erkenntnisse der Archäologie und deren Bedeutung für eine moderne Stadt

Für die folgenden fast viereinhalb Jahrhunderte herrschte Übereinstimmung darüber, dass vor dem auf ca. 950 datierten namengebenden Stutengarten es im Talkessel keine geschichtsrelevanten Ereignisse gegeben hatte. Dies änderte sich jedoch schlagartig mit den Funden, die um das Jahr 2000 bei archäologischen Untersuchungen unter der Stiftskirche und im Keller des Dürnitzbaus des Alten Schlosses gemacht wurden.²⁷ Sie erlauben tatsächlich, die Stadtgeschichte etwa 400 Jahre zurück bis tief in die „schriftlose Zeit“ hinein mit interessanten Details zu erhellen.

Das Interesse an archäologischen Untersuchungen im Stuttgarter Talkessel und am daraus resultierenden möglichen Erkenntnisgewinn für die Stadtgeschichte war im 20. Jahrhundert zumeist nur gering, beziehungsweise gar nicht vorhanden. Die Liste der Versäumnisse ist lang. Nur wenige Beispiele sollen hier Erwähnung finden. So wurde beim Wiederaufbau der Stiftskirche in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts der Kohlenkeller beträchtlich erweitert und schließlich auf fast die gesamte Länge des ehemaligen nördlichen Seitenschiffs ausgedehnt. Bei diesen Arbeiten sind zweifellos archäologisch fundreiche Böden, vielleicht sogar Reste des Fundaments der nördlichen Außenwand der romanischen Basilika ausgeräumt worden. Die damals für den Kellereinbau Verantwortlichen haben die Baumaßnahme nicht einmal einer Erwähnung für wert befunden.²⁸

Bauarbeiter waren im 17. Jahrhundert aufmerksamer gewesen, als sie 1680 bei einer Probegrabung unter der Sakristei der Stiftskirche auf „ein altes Stück Mauer in wenckhel Hackhen“ stießen, das in keiner Verbindung mit den Fundamenten der Stiftskirche stand.²⁹ Es musste sich also um den Überrest eines Bauwerks handeln, das vor die Mitte des 13. Jahrhunderts zu datieren wäre, da die Außenwand der Sakristei Steinmetzzeichen aus der Romanik aufweist³⁰.

Die flächenhafte Vernichtung des mittelalterlichen Stadtkerns und von Teilen der vor 1500 entstandenen Vorstädte im Zweiten Weltkrieg haben in Stuttgart nahezu keine archäologischen Untersuchungen nach sich gezogen. Die Chance, bei der Neubebauung dieser Flächen Bodenbeobachtungen, besser systematische archäologische Ausgrabungen durchzuführen, wurde in Stuttgart nicht wahrgenommen.³¹ Zufallsfunde oder „Erinnerungssteine“ an den Vorgängerbau wurden immer mal wieder - zumeist als Kuriosität empfunden oder als Arabeske geduldet - in den Neubau eingefügt.

Als in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts auf dem Grundstück Königstr. 21 ein Neubau errichtet werden sollte, ist die Baugrube mehrere Stockwerke tief unter das Niveau der Königstraße abgesenkt worden. Da es sich bei der Königstraße um den im 18. Jahrhundert eingeebneten

²⁷ Hartmut Schäfer, *Die Anfänge Stuttgarts – Vom Stutengarten bis zur württembergischen Residenz*, Stuttgart 2012.

²⁸ Hartmut Schäfer, *Zur Geschichte der Stuttgarter Stiftskirche*. In: *Funktion und Form. Die mittelalterliche Stiftskirche im Spannungsfeld von Kunstgeschichte, Landeskunde und Archäologie*, hrsg. von Sönke Lorenz, Peter Kurmann und Oliver Auge (Schriften zur südwestdeutschen Landeskunde Bd. 59), Ostfildern 2007, S. 103 – 111. Hier insb. S. 104 Anm. 10.

²⁹ Harald Schukraft, *Die Grablagen des Hauses Württemberg*, Stuttgart 1989, S. 81.

³⁰ Wilhelm Friz, *Die Stiftskirche zu Stuttgart*, Stuttgart o. J. (1929), S. 69f., 72, 77.

³¹ Oliver Auge, *775 Jahre „Stutkarren“*, wie Anm. 3, S. 21.

Stadtwall handelt und die Grundstücke mit den ungeraden Nummern im einstigen Graben vor der Stadtmauer des 13. Jahrhunderts liegen, waren Funde zu erwarten. Als Vertreter des Stadtarchivs konnte Hermann Ziegler die Baumaßnahmen beobachten. Er schilderte in einer Notiz³², dass man auf die Zwingermauer stieß, die eine Mauerstärke von 1,30 m hatte und noch 3 – 3,6 m hoch aufragte. Ferner wurde die sogenannte Hirschgrabendole auf der ganzen Länge der Baugrube angetroffen, die noch aus dem 13. Jahrhundert stammen dürfte. Ihre lichten Innenmaße waren 1,46 m Höhe und 0,68 – 0,74 m Breite. Auffällig waren die 0,92 m dicken Seitenwände und die 0,40 – 0,50 m starken Gewölbe. Die Dole war über einem dreifach übereinander gelegten Holzrost aus vier parallel verlaufenden starken Balken errichtet.

Ein weiterer Holzrost aus Eichenbalken als Unterbau für ein Steinfundament kam westlich der Hirschgrabendole ans Tageslicht. Ob die gefundenen Eichenhölzer Rückschlüsse auf die Wasserhältnisse im Stadtgraben, also eine zeitweise Flutung oder auf Staunässe, zulassen, wäre noch zu diskutieren. Dies zeigt allerdings, dass bei zukünftigen Baumaßnahmen in diesem Bereich eine aufmerksame Beobachtung des Baugrundes zu weiteren Erkenntnissen führen könnte. Da damals nur eine Baubeobachtung stattfand, nicht jedoch eine systematische Grabung durchgeführt wurde, blieben wohl zahlreiche im Stadtgraben entsorgte Alltagsgegenstände im Aushubmaterial unentdeckt. Eine 1964 von den Bauarbeitern erkannte steinerne Kanonenkugel konnte geborgen werden. Sie fand im Erdgeschoss neben dem Aufzug einen Platz und stellt so ein „Schaufenster“ in die Geschichte dar.

Dass es auch bei der Stuttgarter Bevölkerung nicht unüblich war, Unbrauchbares und Abfall hinter dem Haus zu entsorgen, beweist beispielhaft ein aktenkundig gewordener Vorgang aus dem Jahre 1541.³³ Herzog Ulrich von Württemberg hatte sich beklagt, dass aus sechs „auf dem Burggraben beim Schloss zu Stuttgart“ stehenden Häusern zu seiner „Unlustbarkeit“ allerlei Unrat in den Graben gelangt sei. Ein Schiedsgericht hat daraufhin am 28. Juli 1541 verordnet, dass die Beklagten „alle nach dem Graben gerichteten Läden und Fenster vergittern“ und die „dort hinführenden Wassersteine und Abflüsse abstellen“ müssen, damit „nichts mehr hinausgeworfen oder geschüttet werden kann“. Der hier genannte Burggraben umgab einst das ganze Alte Schloss. Beim Bau der Tiefgarage unter dem Schillerplatz bestätigten die bei den Aushubarbeiten aufgedeckten Funde indirekt die herzogliche Klage von 1541. Der angeschnittene Schlossgraben erwies sich als fundreichste Fläche der gesamten Baumaßnahme.³⁴ Wahrscheinlich war er 400 bis 500 Jahre zur Entsorgung von Abfall benutzt worden.

Obwohl verstreut davon die Rede ist, es habe systematische archäologische Untersuchungen 1984 im Bohnenviertel, 1992 beim Katharinenhospital sowie in der Büchsenstraße und beim Stadtgraben gegeben, so fehlen leider noch entsprechende Veröffentlichungen zu diesen Grabungen. Diese mangelnde Präsenz archäologischer Forschung und ihres Erkenntnisgewinns für die Stadtgeschichte

³² Fundberichte aus Schwaben, NF 18/II, Stuttgart 1967, S. 165 (Stuttgart. 3. von H. Ziegler)

³³ U 43, Nr. 220, S. 84, in: Hauptstaatsarchiv Stuttgart Repertorien, Bestand A 403 „Stuttgart W“ Urkunden (1312 – ca. 1500) 1501 – 1734, bearb. von Christine Bührlen-Grabinger 1998.

³⁴ Kathrin Burbulla, Der Fall Schillerplatz in Stuttgart – Dokumentation einer Zerstörung archäologischer Befunde im Konfliktfeld politisch-wirtschaftlicher, öffentlicher und wissenschaftlicher Interessen, Magisterarbeit Tübingen 2001, S. 27-30.

in den Medien zementiert in der Öffentlichkeit den Eindruck, die Bezeichnung Stuttgarts als „weißen Fleck auf der archäologischen Landkarte“ sei gerechtfertigt.³⁵

Es mag als geradezu drastische Zwangsmaßnahme zu verstehen sein, wenn angesichts der omnipotenten wirtschaftlichen Interessen und der daraus resultierenden Befürchtungen der Boden in der südlichen Hälfte der Stiftskirche von der staatlichen Denkmalpflege versiegelt wurde – bevor Begehrlichkeiten geweckt waren! Diese „Schutzzone“ soll in fernerer Zukunft nur durch planmäßige archäologische Grabungen und „nicht unter dem Druck laufender Baumaßnahmen“ untersucht werden.³⁶

Obwohl die Aufsehen erregenden Erkenntnisse aus den archäologischen Untersuchungen in der Stiftskirche und im Alten Schloss die Bevölkerung sensibilisiert hatten, gab es bei großen Bauvorhaben kein grundsätzliches Umdenken. Die zu erwartende Funde wurden im Genehmigungsverfahren zum Tiefbahnhof Stuttgart 21 von den Verantwortlichen nicht angemessen gewürdigt. Als im Zuge der Planungen des sogenannten Dorotheen-Quartiers offensichtlich wurde, dass die Neubauten bisher weitgehend ungestörte Bereiche der Stadtbefestigung aus dem 13. Jahrhundert tangieren würde, waren es interessierte Bürger, die auf diesen Tatbestand hinwiesen.

Ähnliches geschah bezüglich der Baufläche Eberhardstr. 63 und 65, wo nachweislich Reste eines Stadtmauerturms und Spuren von Befestigungen aus dem 16. Jahrhundert vorhanden waren bzw. sind. In beiden Fällen ist über die Möglichkeit einer archäologischen Baubegleitung nichts an die Öffentlichkeit gedrungen. Es ist zu befürchten, dass aussagefähiges Aushubmaterial ungesehen auf die Deponie verbracht wurde. Systematische Beobachtungen hätten bisher ungeklärte Fragen beantworten können. So ist bisher unbekannt, wie tief der Graben vor der zwischen Tübinger und Torstraße angelegten Stadtmauer ursprünglich gewesen ist. Da sich dort bei Hochwässern der Nesenbach an der Mauer aufstaute, hätte bei genauer stratigrafischer Untersuchung der Sedimente möglicherweise eine relative Periodisierung der Nesenbachfluten aufstellen lassen. Dies scheint nun nicht mehr möglich.

In neuester Zeit scheint die Sensibilität gegenüber dem Zugang zum Erbe der Menschheitsgeschichte, wie er bei Baumaßnahmen im städtischen Raum häufig bietet, zuzunehmen. Letztlich spiegelt sich diese neue Aufmerksamkeit mit der bei den Baumaßnahmen zum Tiefbahnhof in Stuttgart seit Frühjahr 2016 eingesetzten archäologischen Baubegleitung wider. Dieses zunehmende Interesse war auch für die Implementierung des mit diesem Bericht vorgestellten Projekt und der daraus hervorgegangenen Kooperationen hilfreich.

³⁵ Ebda., S. 14

³⁶ Hartmut Schäfer, Zur Geschichte der Stuttgarter Stiftskirche. In: Funktion und Form. Die mittelalterliche Stiftskirche im Spannungsfeld von Kunstgeschichte, Landeskunde und Archäologie, hrsg. von Sönke Lorenz, Peter Kurmann und Oliver Auge (Schriften zur südwestdeutschen Landeskunde Bd. 59), Ostfildern 2007, S. 102 u. Anm. 3.

7.3.1 Archäologische Hinweise auf die Besiedelung des Stuttgarter Tals

Ein Glücksfall war die systematische archäologische Ausgrabung unter den Kellergewölben der Dürnitz des Alten Schlosses. Dabei wurden überraschenderweise Spuren von menschlichem Leben gefunden, die wohl bis in die Jungsteinzeit zurückreichen. Es handelt sich um Pfostenlöcher für den Hausbau mit benachbarten Lehmgruben, aus denen der Lehm zum Bewerfen des Geflechts zwischen den Pfosten gewonnen wurde. Sie zeugen von einer vor 4 000 bis 4 500 Jahren hier sesshaft gewordenen Sippe.³⁷

Dass die Gegend um das Stuttgarter Tal und das Tal selbst in römischer Zeit besiedelt war, ist durch zahlreiche Funde bewiesen. Die Fundschwerpunkte im Nesenbachtal lagen am sogenannten Immenhofer Weg und im Bereich des heutigen Hauptbahnhofs. Am Immenhofer Weg, der vom Wilhelmsplatz diagonal durch Gartengelände zur Kreuzung Olga-/Immenhoferstraße verlief, wurde im 19. Jahrhundert eine „kleine Büste eines Kaisers“³⁸ gefunden. Als um 1840 ein Werkmeister Jos im Gewann „Immenhofen“ sein Haus baute, stieß er in etwa 2,3 m Tiefe auf (römischen) Gebäudeschutt und gut 70 m westlich dieser Stelle fand man in einem Garten „Bruchstücke von römischen Gefäßen, worunter eines von terra sigillata war“³⁹. Diese und weitere Funde, z. B. eine Bronzemünze Neros, geben wichtige Hinweise auf römische Bautätigkeit an dieser Stelle. Der schnurgerade Verlauf des Immenhofer Wegs wurde als einstige römische Straße interpretiert. Reste von ihr könnten noch heute in Innenhöfen oder unter Straßen in dieser Gegend verborgen sein.

Die Bedeutung des Stuttgarter Hauptbahnhofs und seiner südöstlichen Umgebung als römisch besiedelter Ort ist vor allem durch die 2014 entdeckten Töpferöfen⁴⁰ wieder ins öffentliche Bewusstsein gerückt. Bereits im April 1933 war man beim Verlegen einer Wasserleitung im Bereich des späteren Busbahnhofs auf Fundamente gestoßen, die Oscar Paret als Reste eines zu einer römischen Villa gehörenden Bades interpretiert hat.⁴¹ 1959 ist schließlich auf 50 m Länge eine 1 m starke Mauer ans Tageslicht gekommen, die „von der Westkante der Königstraße über die Schillerstraße hinweg zur Westkante der Cannstatter Straße zog“.⁴²

Bei den früher gemachten Funden aus alamannischer Zeit handelt es sich fast ausschließlich um Grabanlagen, so beispielsweise 1607 und 1910 beim heutigen Hauptbahnhof sowie 1912 in der unteren Wolframstraße.⁴³ Besondere Aufmerksamkeit verdient vor allem die Entdeckung von drei gemauerten Gräbern 1878, als auf dem Grundstück Gaisburgstr. 2 die Baugrube für ein Wohnhaus

³⁷ Uwe Gross, Zu den mittelalterlichen Keramikfunden im Alten Schloss. In: Hartmut Schäfer, Die Anfänge Stuttgarts – Vom Stutengarten bis zur württembergischen Residenz, Stuttgart 2012, S. 134. – Oscar Paret, Groß-Stuttgart in vorgeschichtlicher Zeit (Veröffentlichungen des Archivs der Stadt Stuttgart Bd. 9), Stuttgart 1949, S. 16.

³⁸ Das Königreich Württemberg, 1. Bd., Stuttgart 1882, S. 157

³⁹ Beschreibung des Stadtdirections-Bezirks Stuttgart, Stuttgart 1856, S. 452.

⁴⁰ Martin Thoma, Andreas Thiel und Dirk Krause, Bahnhofsbaustelle Stuttgart 21 – römische und frühalamannische Befunde. In: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 2014, S. 191 – 195.

⁴¹ Fundberichte aus Schwaben, NF VIII 1933-1935, Stuttgart 1935, S. 115.

⁴² Fundberichte aus Schwaben, NF 16, Stuttgart 1962, S. 267.

⁴³ Oscar Paret, Groß-Stuttgart in vorgeschichtlicher Zeit (Veröffentlichungen des Archivs der Stadt Stuttgart Bd. 9), Stuttgart 1949, S. 108.

ausgeschachtet wurde.⁴⁴ Sie gehörten wohl zu einer Siedlung, die auf dem Schwemmfächer des Dobelbachs hochwassersicher über dem Nesenbachtal angelegt worden war. Im Bereich des neuen Tiefbahnhofs konnten – wohl erstmals im Stuttgarter Tal - alamannische Gebäudes Spuren gesichert werden. Pfostengruben wiesen auf annähernd rechteckige Grubenhäuser mit den Abmessungen 3,4 x 2 m sowie auf ein Wohn- bzw. Stallgebäude von erstaunlicher Größe (mindestens 14 x 5,8 m) mit zentraler Feuerstelle hin.⁴⁵

Ein offensichtliches Desiderat ist die genaue Kartierung aller bis heute nachgewiesenen Funde im Stuttgarter Tal, und zwar aus allen historischen Epochen. Voraussetzung dafür wäre allerdings die systematische Auswertung von Medien, in denen vor allem Zufallsfunde in die Öffentlichkeit getragen worden sind. Dazu gehören in erster Linie die Stuttgarter Tageszeitungen bzw. andere Periodika seit der Mitte des 18. Jahrhunderts. Die Betrachtung von Fundhäufungen unter naturräumlichen Aspekten könnte weitere aufschlussreiche Einblicke in die Siedlungsgeschichte ermöglichen.

7.3.2. Stuttgarts Geschichte „vertieft“ sich

Der Beginn der mittelalterlichen Besiedlung im Bereich des Alten Schlosses konnte an Hand keramischer Funde⁴⁶ im 7. Jahrhundert – spätestens jedoch im frühen 8. Jahrhundert – nachgewiesen werden. Die in der Apsis der ersten Steinkirche am Platz der heutigen Stiftskirche entdeckten Gräber stehen in zeitlichem Zusammenhang mit dem Siedlungshorizont unter der Dürnitz. Wahrscheinlich handelt es sich um den Begräbnisplatz der Bewohner dieser Ursiedlung von Stuttgart. Damit war der Beweis erbracht, dass die Siedlungskontinuität im historischen Herz von Stuttgart noch etwa 250 Jahre weiter zurück reicht als das bisher als Keimzelle angenommene Gestüt Herzog Liutolfs von Schwaben. Allein die aus Grabungen und Bodenbeobachtungen gewonnenen archäologischen Erkenntnisse haben dazu geführt, dass die über Generationen hin schon fast zur Wahrheit mutierte Gründungslegende vom Stutengarten nicht nur überdacht werden muss sondern wohl tatsächlich ins Reich der Sage zu verweisen ist.

Archäobotanische Untersuchungen im Boden unter der Dürnitz erbrachten Hinweise auf historische Gegebenheiten aus der Zeit zwischen dem 11. und 13. Jahrhundert.⁴⁷ Für den mittleren Zeithorizont des 12./13. Jahrhunderts konnte eine starke Häufung von Haferresten nachgewiesen werden. Dies wurde als Indiz dafür gedeutet, dass das Getreide nicht nur als Nahrungsmittel sondern auch als Futter eingesetzt war. Dies ist jedoch in der Regel nur bei ausreichender Nahrungsversorgung möglich gewesen. Die Pferde mussten in gutem körperlichem Zustand gehalten werden, da sie eine Grundvoraussetzung für den langfristigen Erhalt des materiellen Wohlstands und der vergleichsweise guten Lebensbedingungen darstellten. Möglicherweise stehen der hierbei

⁴⁴ Ebda.

⁴⁵ Martin Thoma, Andreas Thiel und Dirk Krause, Bahnhofsbaustelle Stuttgart 21 – römische und frühalamannische Befunde. In: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 2014, S. 194.

⁴⁶ Uwe Gross, Zu den mittelalterlichen Keramikfunden im Alten Schloss. In: Hartmut Schäfer, Die Anfänge Stuttgarts – Vom Stutengarten bis zur württembergischen Residenz, Stuttgart 2012, S. 133 – 139.

⁴⁷ Manfred Rösch, Der Graf, sein Schloss und der Trollinger – archäobotanische Untersuchungen im Stuttgarter Alten Schloss. In: Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 2003, S. 232 – 235.

erkennbare Wohlstand und die mit der Pferdehaltung einhergehende Gesellschaftsordnung in Zusammenhang mit dem in den frühen Quellen genannten Hugo von Stuttgart. In jedem Fall ist es ein Hinweis auf Adelherrschaft im Stuttgarter Tal.⁴⁸ Ebenso aufschlussreich waren die Funde von Traubenkernen, die im Boden sogar noch häufiger als Getreide nachgewiesen werden konnten. Man könnte daraus schließen, dass die Fläche der heutigen Dürnitz im 12. und frühen 13. Jahrhundert eher als Wirtschaftshof mit Stallungen und Kelterbetrieb denn als adeliger Wohnplatz genutzt waren. Jedenfalls ist im 13. Jahrhundert dieser Bereich bei einem Feuer offensichtlich massiv geschädigt worden, da im jüngsten Fundhorizont sowohl das Getreide wie auch die Traubenkerne verkohlt waren.⁴⁹ Schriftliche Hinweise auf Brände gibt es aus so früher Zeit natürlich nicht.

Ähnliche Interpretationen lassen die Keramikfunde unter der Dürnitz zu.⁵⁰ Import von Töpferware aus dem Elsaß und dem nördlichen Oberrheingebiet belegen bis zur Mitte des 12. Jahrhunderts die Anbindung der Stuttgarter Oberschicht an ein funktionierendes Handelssystem. Auch das Vorhandensein von Töpferware aus Buoch sind Indizien für eine materiell gut gestellte Bewohnerschaft im späten 12. und frühen 13. Jahrhundert.

7.3.3 Stuttgart im 13. Jahrhundert und die „Burgenfrage“

Völlig unklar ist leider immer noch die Besitzgeschichte Stuttgarts zwischen dem 12. und späten 13. Jahrhundert. Geht man davon aus, dass Stuttgart tatsächlich um 1250 an das Haus Württemberg gekommen ist, so stellt sich die Frage, ob es an diesem Ort bereits einen festen Sitz bzw. eine burgähnliche Behausung gegeben hat. Die archäologischen Grabungen unter dem Alten Schloss haben keinerlei Mauerspuren einer Burganlage aus der Zeit des 12. oder 13. Jahrhunderts zutage gebracht. Dennoch dienten zwei parallel verlaufende schnurgerade Mauerstücke, die als „Innere Ringmauer“ und „Äußere Ringmauer“ gewertet wurden,⁵¹ als Indiz für die Existenz einer ersten Burg. An dieser Interpretation sind jedoch erhebliche Zweifel angebracht, da die beiden Mauerstücke in direkter Verlängerung der südsüdöstlich nachgewiesenen Stadtmauer liegen und deshalb eher als Stadtmauer des frühen 13. Jahrhunderts anzusehen sind. Es wäre dringend zu wünschen, dass die bei den Grabungen unter dem Alten Schloss gewonnenen Erkenntnisse interdisziplinär erörtert würden – neue Fragestellungen könnten in diesem Fall möglicherweise zu überraschenden Ergebnissen führen.

Ob Stuttgart im 13. Jahrhundert überhaupt Sitz adeliger Stadtherren war, muss derzeit noch offen bleiben. Urkundliche Hinweise auf Aufenthalte badischer Markgrafen in Stuttgart fehlen völlig. Aufschlussreich ist daher ein Blick auf die Aufenthaltsorte der Grafen von Württemberg. Nach den

⁴⁸ Ebda. S. 233.

⁴⁹ Ebda. S. 234.

⁵⁰ Uwe Gross, Zu den mittelalterlichen Keramikfunden im Alten Schloss. In: Hartmut Schäfer, Die Anfänge Stuttgarts – Vom Stutengarten bis zur württembergischen Residenz, Stuttgart 2012, S. 133 – 139.

⁵¹ Hartmut Schäfer, Die Anfänge Stuttgarts – Vom Stutengarten bis zur württembergischen Residenz, Stuttgart 2012, S. 61 – 71, hier S. 70.

Beurkundungen kann man feststellen, dass Graf Ulrich II. zwischen 1269 und seinem Tod 1279 kein einziges Mal in Stuttgart in Erscheinung getreten ist.⁵²

Möglicherweise gab es in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts für die württembergischen Grafen in Stuttgart gar kein festes Haus, weil die unweit auf einem Vorsprung des Bopsers gelegene Burg Weißenburg⁵³ ihr Sitz im Stuttgarter Tal war. Dort urkundet Graf Ulrich I. 1263 und 1287 wird berichtet, König Rudolf habe die Burg vergeblich belagert. Im Reichskrieg gegen Graf Eberhard den Erlauchten wurde sie dann aber 1312 niedergebrannt. Es könnte interessant sein, die Burg Weißenburg in die Interpretationsversuche zur Geschichte des Talkessels noch stärker einzubeziehen.

Graf Ulrichs I. Sohn und Nachfolger, Graf Eberhard der Erlauchte, urkundet in Stuttgart 1281 und dann wieder 1286 im Zusammenhang mit der Belagerung der Stadt durch König Rudolf. Graf Eberhard befindet sich bereits am 15. August in Stuttgart, wird dort ab Ende September bis zum 10. November sieben Wochen lang belagert. Der Sühnevertrag zwischen dem König und dem württembergischen Grafen wurde am 10. November nicht in der Stadt sondern ausdrücklich „gesrieben vor Stutgarten“⁵⁴. Gab es damals in der Stadt kein geeignetes Gebäude, um den König zu empfangen, oder war das freie Gelände davor in diesem Fall ein sichererer Ort für die Frieden schließenden Parteien?

Für Stuttgart ist dieser Sühnevertrag ein wesentliches Dokument, das offensichtlich noch gar nicht in allen Einzelheiten interpretiert wurde, weil die Erwähnung von Stadtmauern ein wichtiges Indiz für die Stadtwerdung eines Gemeinwesens darstellt. Kurz vorher waren in einer Urkunde Schultheiß, Richter und Bürger genannt worden und 1290 ist von einem Marktplatz die Rede gewesen.⁵⁵ Stuttgart war im 13. Jahrhundert zweifellos ein aufstrebendes Gemeinwesen, das allerdings für den Ortsherrn – seien es nun die Badener oder die Württemberger – noch kein sogenannter zentraler Ort im geopolitischen Sinne gewesen sein kann. Dies wurde die Stadt erst mit der Errichtung der Dürnitz und ihres ummauerten Burghofes um 1300.

Graf Eberhard der Erlauchte von Württemberg hat in den Jahren 1288 bis 1315 kein einziges Mal in Stuttgart geurkundet – auch weil er seit 1312 im Exil weilte. Nach seiner Rückkehr 1316 hielt er sich recht häufig im Nesenbachtal auf, urkundet 1318 sogar ausschließlich in Stuttgart. Von 1320 bis zu seinem Tod 1325 sind dann wieder keine Aufenthalte hier nachweisbar. Dass er sich jedoch in Stuttgart bestatten ließ,⁵⁶ ist ein untrüglicher Beweis für die hohe Bedeutung der Stadt für das Haus Württemberg.

⁵² Christoph Friedrich Stälin, Aufenthaltsorte der württembergischen Grafen in den Jahren 1269 – 1450. In: Württembergische Jahrbücher Jg. 1854, 2. Heft, Stuttgart 1856, S. 79 – 98.

⁵³ Gerhard Wein, Die mittelalterlichen Burgen im Gebiet der Stadt Stuttgart, Bd. 1: Die Burgen im Stuttgarter Tal (Veröffentlichungen des Archivs der Stadt Stuttgart Bd. 20), Stuttgart 1967, S. 113 – 119.

⁵⁴ Gustav Wais, Alt-Stuttgart – Die ältesten Bauten, Ansichten und Stadtpläne bis 1800, Stuttgart 1954, S. 10.

⁵⁵ Harald Schukraft, Wie Stuttgart wurde, was es ist – Ein kleiner Gang durch die Stadtgeschichte, Tübingen 2014, S. 29.

⁵⁶ Harald Schukraft, Die Grablagen des Hauses Württemberg, Stuttgart 1989, S. 18.

7.4 Fazit

Normalerweise ist es die Aufgabe des Historikers, die Vergangenheit an Hand schriftlicher Überlieferungen darzustellen und ein möglichst authentisches „Bild“ früherer Zeiten zu zeichnen. Da die Quellen immer spärlicher und unpräziser werden, je weiter man in die Geschichte zurück geht, gewinnen archäologische und naturwissenschaftliche Erkenntnisse mehr und mehr an Bedeutung. Archäobotanik, die Untersuchung anthropogen veränderter Böden sowie die virtuelle Rekonstruktion historischer Geländeformen erlauben heute Einblicke in die frühe Landschafts- und Besiedlungsentwicklung, die vor Jahrzehnten noch unvorstellbar waren.

Bodenfunde und stratigrafische Beobachtungen sind bereits seit dem 16. Jahrhundert schriftlich festgehalten worden. Sie wurden jedoch bisher nur in den seltensten Fällen ausgewertet und in der Forschung berücksichtigt. Gerade aus Stuttgart gibt es eine Fülle von Einzelberichten, in denen zum Teil mit großer Genauigkeit das zu Tage Getretene beschrieben wurde. Es wäre nun die Aufgabe des Historikers, diese verstreuten Notizen in Archiven und Bibliotheken aufzuspüren, um die aktuell gewonnenen Erkenntnisse von Archäologen, Geologen und Bodenkundlern zu ergänzen.

Durch das Flächenwachstum der Stadt Stuttgart, durch die Zerstörungen des Zweiten Weltkriegs und die in den letzten Jahrzehnten in immer größerer Tiefe gegründeten Neubauten haben die Augenzeugenberichte früherer Tage noch größere Bedeutung gewonnen, da vieles des damals Beobachteten unwiederbringlich verloren ist. Gerade im Fall von Stuttgart, das sich durch seine komplizierte Topographie von anderen Städten unterscheidet, ergeben sich daraus neue Möglichkeiten. Die Zusammenführung von Erkenntnissen, welche die Geschichtswissenschaft und die Naturwissenschaft unabhängig voneinander gewonnen haben, könnte ein neues Bild der Entwicklungsgeschichte des Stuttgarter Tals hervorbringen. Ein solch fruchtbares Zusammenwirken verschiedener Disziplinen mit dem Ziel eines größeren Erkenntnisgewinns kann weit über Stuttgart hinaus Vorbildcharakter haben, da der strukturelle Wandel von Innenstädten unwiederbringlich Fundhorizonte zerstört. Es ist also Eile geboten!

8 Transdisziplinäres Arbeiten

Das Zusammenfinden verschiedener Disziplinen der Natur- und Geisteswissenschaften ist ein wesentliches Charakteristikum des vorliegenden Projektes. Schriftliche historische Befunde, die über bloße urkundliche Nennungen hinausgehen, reichen etwa bis in 12. Jh. n. Chr. zurück und erlauben eine Parallelisierung von bodenkundlich-sedimentologisch-geologisch-archäologischen Befunden. Umgekehrt erlauben naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu Zeiträumen vor dem 12. Jhr n. Chr. ein Verdichten der Aussagen der Geschichtswissenschaften. Mit künstlerischen Mitteln kann zudem ein Gesamtbild der Landschafts- und Kulturgeschichte gezeichnet werden, das punktuell auf gesicherten Erkenntnissen beruht, aber zugleich die menschliche Vorstellungskraft anspricht, um eine Annäherung an frühere Lebenswelten zu ermöglichen. Ziel ist ein besseres Verständnis von Ursache und Wirkung des menschlichen Handelns und seine Auswirkungen auf den Natur- und Landschaftsraum.

Diesem Grundverständnis folgend, wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes am 19.4.2016 in Hohenheim zu dem Treffen „Denkwerkstatt Schnittstelle Landschafts- Kulturgeschichte“ eingeladen. Die 20 Experten aus den Bereichen Baugrundwesen, Bodenkunde, Botanik, Geochemie, Geographie, Geologie, Geschichtswissenschaft, Hydrologie, Journalismus und Medienkunst waren Freiberufler, Vertreter des Karlsruher Institut für Technologie, des Landesmuseums Stuttgart, des Staatsarchivs BW, der Stadt Stuttgart, der Stuttgarter Zeitung, des Umweltministerium BW, der Landesdenkmalpflege BW sowie der Universitäten Hohenheim, Stuttgart und Tübingen. Bei dem moderierten Treffen wurden in lebhaften und konstruktiven Diskussionen Fragen und Herausforderungen und Lösungen der Projektfragen formuliert. Die Teilnehmer brachten Informationen, Bedenken und Einwände auf Flipcharts zu Papier. Stellvertretend sind hier einige der über 120 dokumentierten Aussagen wortwörtlich zitiert:

Fragen, Herausforderungen:

- Was macht zu welcher Zeit einen Gunstraum und einen Ungunstraum aus?
- Ist das Sedimentpaket lückenlos vorstellbar?
- Lässt sich die früher dagewesene Siedlung (Schillerplatz) konkreter nachweisen?
- Historisches Relief des Talkessels rekonstruieren.
- Was hat die Menschen, ihre „Befindlichkeit“ geändert?
- Wie lassen sich die Informationen narrativ so verknüpfen, dass sie sich für eine weitere Vermittlung eignen?

Lösungen, Vorschläge:

- Aus frühen Spuren von Hochwassern (Interpretation) lernen? Damals, für heute?
- Zoologie beteiligen
- Faulschlammablagerungen mit Spuren im Travertin korrelieren.
- Historisches Relief des Talkessels rekonstruieren.
- Interdisziplinärer Ansatz erforderlich, um Siedlung, bzw. Stuttgarts Existenz an diesem Ort zu erklären.

Informationen:

- Aus Untergliederung der Sedimentationsbereiche lassen sich geeignete Siedlungsflächen ableiten.
- Es existieren ca. 8000 Bohrprofile.
- Zur Besitzgeschichte in Stuttgart bis ins 12. Jahrhundert keine Informationen.
- Neue Aufmerksamkeit der regionalen Bevölkerung „bedienen“.

Bedenken, Einwände:

- Hinweise auf Stillgewässer wurden nicht gefunden.

Es fehlt an Personal.

9 Ausblick auf eine künstlerische Umsetzung der landschafts- und kulturgeschichtlichen Informationen zum Stuttgarter Talkessel

Der Übergang von der Natur- zur Kulturlandschaft im Stuttgarter Talkessel über einen Zeitraum von etwa 10 000 Jahren ist ideal geeignet, um mit einer filmischen Darstellung Inhalte zur Interaktion Mensch und Natur zu vermitteln. Darüber hinaus lässt sich so das Spannungsfeld zwischen Wissen und Nichtwissen, zwischen individueller Sichtweise und globaleren Aspekten atmosphärisch einfangen. Ein entsprechender Inhalt wären demnach die Massenbewegungen von Erdmaterial bei der Ausformung des Stuttgarter Talkessels und der Einfluss der ersten Siedler hierauf, die Erdbewegungen während der mittelalterlichen und neuzeitlichen Stuttgarter Stadtentwicklung, in einer kurzen Sequenz auch die Erdbewegungen bei heutigen Bauaktivitäten.

Tatsächlich ist der Ablauf der enorm intensiven Umgestaltung des Stuttgarter Talkessels nur teilweise bekannt, punktuell liegen jedoch präzise Informationen vor. Damit lässt sich das Geschehen sehr gut mit einer künstlerischen Herangehensweise fassen, die der individuellen Interpretation des Betrachters Raum gibt.

Die Rolle der vier Grundelemente Feuer, Wasser, Luft und Erde (Empedokles, um 495 - um 435 v. Chr.) können als wiederkehrende Themen eingesetzt werden, um beispielsweise die frühen Überschwemmungen zum Ende der Kaltzeiten mit dem Geschehen bei der heutigen Stadtentwässerung nach Starkregen in einen Kontext zu setzen. Ebenso können frühe Jagdtechniken unter Einsatz des Feuers und das wesentlich auf den Verbrennungsmotor gestützte heutige Mobilitätsverhalten als Elemente einer Entwicklungslinie betrachtet werden.

In der filmischen Gestaltung soll sowohl mit unterschiedlichen Animationstechniken sowie mit Videomaterial, etwa mithilfe eines Modells der Landschaft gearbeitet werden. Dabei ist sowohl eine konkrete Darstellung, die auf wissenschaftliche Fakten und Funde eingeht zulässig, es soll aber auch Raum für abstrakte Passagen vorhanden sein, in dem universale Zusammenhänge kultureller und historischer Entwicklungen zum Ausdruck kommen.

Ziel des Films ist es das Spannungsfeld zwischen Gewissheit und Unwissen zu früherem Geschehen zu vermitteln sowie die Prägung der Gegenwart durch die Vergangenheit nachvollziehbar zu machen. Damit soll eine erkennbar zunehmende neue Aufmerksamkeit zum Werden der Stadt Stuttgart und Städten im Allgemeinen bedient werden.

10 Zusammenfassendes Fazit

Die Frage, ob Sediment- und Bohrkernuntersuchungen im Kontext mit archäologischen und geschichtlichen Befunden einen Beitrag zur Landschafts- und Kulturgeschichte leisten, ist positiv zu beantworten.

Die Funde aus dem Stuttgarter Talkessel ermöglichen es, Prozesse der lokalen Landschafts- und Kulturgeschichte in einer bisher nicht gekannten Dimension zu untersuchen. Hierzu trägt die weitgehende Vollständigkeit der Sedimente bei, wie auch die seit der Bronzezeit augenscheinliche Co-Entwicklung von Mensch und Naturraum. Die naturwissenschaftlichen Ergebnisse lassen sich hervorragend mit den Erkenntnissen kombinieren, die seitens der Kulturwissenschaften insbesondere der Archäologie zur Verfügung stehen.

Der vorliegende Bericht stellt die Machbarkeit derartiger Untersuchungen klar und liefert darüber hinaus bereits weitreichende Forschungsergebnisse. Allerdings kann die hier ansatzweise versuchte Synthese auf Basis teilweise komplexer Ergebnisse eines breiten Spektrums an Fachgebieten nur einen ersten Schritt darstellen.

Die Resultate einiger Methoden, wie die Pollenanalytik und die historische Recherche, übertrafen die Erwartungen. Weitere vielversprechende Untersuchungen, wie feinstratigrafischen Analysen, um beispielsweise das Geschehen bei einzelnen Überflutungen nachzeichnen zu können, mussten bisher unterbleiben. Ebenso waren bis dato keine mineralogischen Analysen möglich. Zudem sind bisher nicht realisierte vielversprechende Forschungsansätze zu nennen, wie die Untersuchung von Dauerstadien von Parasiten sowie Biomarkern. Letztere könnten beispielsweise zur Identifikation von Epidemien beitragen. Mit GIS-Anwendungen zur Visualisierung der Oberfläche des Talkessels ohne die Überprägung durch die Bebauung und auch der Schichtungen im Untergrund kann der Versuch unternommen werden, frühere Oberflächen zu rekonstruieren.

Insgesamt zeichnet sich ab, dass bereits mit dem frühen Auftreten des Menschen Veränderungen im Nesenbachtal einhergingen, die das zu erwartende Maß weit übersteigen. Dies erscheint vor dem Hintergrund zahlreicher Überflutungsereignissen von besonderem Interesse. Aus der überraschend frühen und zugleich intensiven Nutzung des Bereichs des Mittleren Schlossgartens durch den Menschen stellt sich die Frage nach der Siedlungsgunst derartiger gewässernaher Feuchtstandorte neu. Archäologische Befunde lassen eine Rücksichtnahme bzw. Anpassung des Siedlungsgeschehens an die Hochwassergefahren des Talkessels erkennen.

Die Auswirkungen eines Wasserüberangebots sind auch mit den in der jüngsten Vergangenheit in nicht gekanntem Maß auftretenden Abflüssen in das Stuttgarter Kanalsystem zu betrachten. Informationen aus 10 000 Jahren Überflutungsgeschichte können hierbei gewinnbringend sein.

Auf Grund der besonderen naturräumlichen Verhältnisse scheint mit der Analyse des Geschehens im Nesenbachtal bzw. im Stuttgarter Kessel in gewisser Weise eine fokussierte Betrachtung der Interaktion Landschafts- und Kulturgeschichte möglich. Eine Sichtweise, die mit Mitteln der künstlerischen Bearbeitung bereits in den kommenden Monaten der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden soll.

11 Literatur

Die Literatur ist bei den Kapiteln 6 und 7 zur Archäologie und zur Geschichte in Fußnoten angegeben.

- Baumüller, J – Landeshauptstadt Stuttgart (2004): Stadtklima 21 - Grundlagen zum Stadtklima und zur Planung Stuttgart 21. Im Internet: https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_s21_vorwort (28.7.2017)
- Beug, H-J (2004): Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München, 542
- Eggers, B (2004): Verteilung und Bindungsverhalten ausgewählter Schwermetalle in Aueböden der Oker und Ecker. Dissertation Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Im Internet: http://rzbl04.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/servlets/MCRFileNodeServlet/DocPortal_derivate_00001633/Document.pdf 145 (28.7.2017)
- Eisenbahn Bundesamt (2005): Planfeststellungsbeschluss nach § 18 Abs. 1 Allgemeines Eisenbahngesetz (AEG) für den Umbau des Bahnknotens Stuttgart „Projekt Stuttgart 21“ Planfeststellungsabschnitt 1.1 (Talquerung mit neuem Hauptbahnhof) von Bahn-km – 0,4- 42,0 bis Bahn-km + 0,4+32,0 in Stuttgart, als Manuskript gedruckt, 389 S. Internet: <http://www.bahnprojekt-stuttgart-ulm.de/mediathek/detail/media/pfa-11-talquerung-mit-hauptbahnhof-planfeststellungsbeschluss-planaenderungen/mediaParameter/show/Medium/> (28.7.2017)
- Firbas, F (1952): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Jena, 256
- Gohl, U. (2002): Der Nesenbach, Geheimnis unter Stuttgarts Straßen. Silberburg: Tübingen, 95
- Gruppe, M (1989): Schwermetallgehalte in Böden in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, 59/11, 895-896
- Holland, K. (1995): Die Böden Stuttgarts: Erläuterungen zur Bodenkarte 1:20.000. Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz 1995, 240
- Hagel, J (1984): Stuttgart im Spiegel alter Karten. Ausstellung des Hauptstaatsarchivs Stuttgart, Katalog, Stuttgart, 184. Der Plan des Geländes im Bereich des späteren Oberen Schlossgartens auf den Hagel auf S. 44 ff Bezug nimmt, ist im Internet verfügbar: <http://www.landesarchiv-bw.de/plink/?f=1-547992> (28.7.2017)
- Howell, F C (Editor, 1962): Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions. *Quaternaria* (6) 549.
- Kalis, A.J., Meurers-Balke, J., van den Borg, K., von den Driesch, A., Rähle, W., Tegtmeier, U. & Thiemeyer, H. (2001): Anthrakologische, archäopalynologische, bodenkundliche, malakozologische, radiometrische und säugertierkundliche Untersuchungen. In: Gehlen, B., Heinen, M. & Tillmann, A.; *Zeit-Räume. Gedenkschrift für Wolfgang Taute. Archäologische Berichte* (14), 649-672

- Laquai, B (2014): Wie kommt Uran an Stuttgarts beste Hanglagen? - Zur speziellen Radon-Problematik in Stuttgart. Im Internet: <http://www.opengeiger.de/RadonStuttgart/UranHanglagenStgt.pdf> (28.7.2017)
- Lehmann A (2015): Stadtböden - Problemfall oder Leistungsträger? Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau 105: 101-124. Im Internet: http://www.zobodat.at/pdf/Berichte-naturf-Ges-Freiburg-Br_105_0101-0124.pdf (27.7.17)
- LfU (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1994): Schwermetallgehalte in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen Baden-Württembergs. Materialien zum Bodenschutz (3), 21. Im Internet <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20043/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=199&OBJECT=20043&MODE=METADATA> (27.7.2017)
- Lotze, T (1999): Geochemische Grundlagen zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Gesteinen in Baden-Württemberg, Dissertation Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 232. Im Internet: <http://d-nb.info/956684513/34>
- Mailänder, S. (2016). Der Nesenbach- vom Wildbach zum Abwasserkanal. Infotafel des Garten-, Friedhofs- und Forstamts der Stadt Stuttgart.
- Meurers-Balke, J. & Kalis, A. (2001): Früh- alt- und jungneolithische Landnutzung – archäopalynologische Bearbeitung der Wilhelma-Travertine von Bad Cannstadt. In: Gehlen, B., Heinen, M. & Tillmann, A.; Zeit-Räume. Gedenkschrift für Wolfgang Taute. – Archäologische Berichte 14, 630-648
- Robinson, D (2001): $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle. Trends in Ecology & Evolution 16/ 3, 153-162
- Rogowski, E - Landeshauptstadt Stuttgart (2012): Der Baugrund von Stuttgart, Freiburg, 64
- Rösch, M. & Tserendorj, G. (2011): Der Nordschwarzwald – früher besiedelt als gedacht? Denkmalpflege in Baden-Württemberg 40/2, 66-73
- Schäfer, H. (2012): Die Anfänge Stuttgarts. Stuttgart, 144
- Stika, H-P (1996): Römerzeitliche Pflanzenreste aus Baden-Württemberg. Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg (36), 207
- Ufrecht, W – Landeshauptstadt Stuttgart (1996): Hydrogeologie und Baugrund, Schutz der Mineral- und Heilquellen : eine Bestandsaufnahme und Bewertung im Zusammenhang mit der Planung für das Städtebauprojekt "Stuttgart 21", Untersuchungen zur Umwelt "Stuttgart 21" (3), 87. Im Internet: <http://www.bahnprojekt-stuttgart-uhl.de/mediathek/detail/media/hydrogeologie-und-baugrund-schutz-der-mineral-und-heilquellen/mediaParameter/show/Medium/> (28.7.2017)
- Ufrecht, W., Carle, A., Ertel, T., Lang, U., Schäfer, W., Schweizer, U., Schollenberger, U., Spitzberg, S., Vasin, S., & Kirchholtes, H. J. (2015): Chlorierte Kohlenwasserstoffe im Grundwasser: Untersuchungsmethoden, Modelle und ein Managementplan für Stuttgart, Wiesbaden, 267
- UM (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2016): Synopse im Schlossgarten - Landschafts- und kulturgeschichtliche Auswertung von Bohrkernen und Funden aus der Baugrube am Stuttgarter Hauptbahnhof, 41-44. In: Einblicke 2016 – Journal zur Umweltforschung in Baden-Württemberg, 51

UMEG (Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen, 1999): Bodenzustandsbericht Großraum Stuttgart: Schadstoffgehalte der Böden. Reihe: Umweltschutz in Baden-Württemberg. 107. Im Internet: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20063/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=199&OBJECT=20063&MODE=METADATA>

Zauner, G (1996): Schwermetallgehalte und Bindungsformen in Gesteinen und Böden aus südwestdeutschem Jura und Keuper, Hohenheimer Bodenkundliche Hefte. (31), 189

Anhang

Tabelle A1: Schichtenverzeichnis und Probenahmeprotokoll des Bohrkerns BK 11/15 GM, für die Bohrtiefe bis 3,6 m

Tiefe	Farbe	Inhalt	Besonderheiten	Korngröße (T+U/S/G) [%]	Probenahme	Profil
0-0,40	10YR 3/3	Humos, durchwurzelt, Ziegel	kA	40,7/48,1/11,2 U,s_,mg'	Korngröße	A
0,40-0,60	10YR 5/4	Ziegel, Porzellan	fester	47/38,3/14,7 U,s_,fg'	Korngröße	A
0,60-1,00	10YR 4/3	Ziegel, Holzkohle, Kies, Schlacke, Bauschutt	loses Material	35,7/33,5/30,8 U,s_,mg,fg'	Mischprobe, Korngröße	A
1,00-1,20	7,5YR 4/3	Ziegel, G	kA		N	A
1,20-1,30	7,5YR 4/3	Ziegel, G, Schlacke, Bauschutt (Gips)	kA	25,6/41,7/32,7 S,g_,u_	Korngröße	A
1,30-1,40	kA	Schlacke, Ziegel, Porzellan, G,	grün,rot,blau,graue Komponenten		N	A
1,40-1,50	7,5YR 3/3	Schlacke, Ziegel, Porzellan, G,	kA		N	A
1,50-1,60	7,5YR 3/3	Ziegel, Kohle, Schalen, G	kA	35,3/46,6/18 S,u_,fg',mg'	Korngröße	A
1,60-1,70	7,5YR 3/3	Glas, Ziegel, G	kA		N	A
1,70-1,80	7,5YR 3/3	Kiese	Matrixgestützt		N	A
1,80-1,90	7,5YR 4/3	Ziegel, G, Glas, Kohle	Matrixgestützt		N	A
1,90-2,00	7,5YR 4/3	Ziegel, G, Glas, Kohle	Matrixgestützt	20,9/54,9/24,2 S,u_,mg',fg'	Korngröße	A
2,00-2,10	7,5YR 4/3	fG-gG, Ziegel, Holzkohle, Schalen, Glas	Matrixgestützt 15,95 % CaCO3	27,4/46,9/25,7 S,u_,mg',fg'	RFA,CNS,Korngröße	A
2,10-2,20	7,5YR 4/4	fG-gG, Ziegel	Matrixgestützt		N	A
2,20-2,40	kA	fG-gG, Steine, Ziegel	kA	11,4/24,3/64,3 G,s,u	Korngröße	A
2,40-2,50	7,5YR 3/4	Holzkohle, gG, Steine,	Fining downward (abrupt). Bei 2,50 feines Sediment, Komponentengestützt bis 2,47, dann Matrixgestützt.	27,5/18,6/53,8 G,u_,ms',fs'	Korngröße	A
2,50-2,60	7,5YR 3/4	Holzkohle 1%, Wurzeln	kA	63,2/35,6/1,2 U,s_	Korngröße	A
2,60-2,75	7,5YR 3/4	Schnecken	kA		N	A
2,75-2,80	7,5YR 3/4	Schnecken	kA		N	A
2,80-2,90	7,5YR 3/4	Schalen, < 1% Kohle, Kiese	Breiig, Probe gestört durch Bohrung		N	A
2,90-3,00	7,5YR 3/4	Schalen, < 1% Kohle	Breiig		N	A
3,00-3,10	7,5YR 4/4	1%fG, Schalen,	ab 3,08 treten schwarze Flecken auf	65,0/31,1/4,0 U,s_	Korngröße	A
3,10-3,20	7,5YR 4/4	kA	leichte schwarze Anteile		N	A
3,20-3,30	7,5YR 4/4	fG + Ziegel	schwarz fleckig (organik?)		N	A
3,30-3,40	7,5YR 3/4	kA	oxidiert, schwarz fleckig	55,4/43,3/1,3 U,s_	Korngröße	A
3,40-3,50	7,5YR 3/4	großes Holzkohlestück (1,5cm auf 1 cm), Schalen	viel schwarz fleckig(Asche?), orangene Flecken, 5,93 %CaCO3		CNS,RFA,PAK,Isotope	A
3,50-3,60	7,5YR 3/4	Holzkohle,1%fG,Asche?	viel schwarz fleckig(Asche?), oxidiert		N	A

Tabelle A1: Schichtenverzeichnis und Probenahmeprotokoll des Bohrkerns BK 11/15 GM, fortgesetzt für die Bohrtiefe von 3,6-5,8m

Tiefe	Farbe	Inhalt	Besonderheiten	Korngröße (T+U/S/G) [%]	Probenahme	Profil
3,60-3,70	7,5YR 3/4	Holzkohle, Schalen, 2% fG-mG, schwarze Flecken (Asche?)	rötl.br fleckig, schwarz fleckig (7,5 YR 2,5/1)		N	A
3,70-3,80	7,5YR 3/4	Holzkohle im feinen Bereich, G, rötl.br. Komponenten	Zuerst keine Kiese, dann wird es von 3,70 zu 3,80 kiesiger (fining upward)	52,9/44,7/2,4 U,s_	Korngröße	A
3,80-3,90	7,5YR 3/4	fG~10%, Turmschnecke, mG	leicht orangene Flecken		N	A
3,90-4,00	7,5YR 3/4	Wurzeln	leicht orangene Flecken		N	A
4,00-4,10	7,5YR 3/4	Schnecken-schalen, Wurzeln, rostbraune Komponenten	oxidiert	36,7/31,6/31,7 U,fg,gs,ms'	Korngröße	A
4,10-4,20	7,5YR 3/4	Wurzelgänge, Schalen, Glasl, rötliche Komponenten	oxidiert		N	A
4,20-4,30	7,5YR 3/3	Holzkohle, verwitterter großer Sandstein (3 auf 2 cm)	Holzkohle Stück ca 0,7cm groß, 1,70 % CaCO3	60,6/19,4/20,0 U,fg',gs'	Korngröße, 14C,CNS,RFA,PAK,Isotope	Auenlehm
4,30-4,40	7,5YR 3/4	Wurzelreste, Wurzelgänge	Wurzelgänge bräunlich	38,6/25,7/35,7 U,fg,gs,mg',ms'	Korngröße	Auenlehm
4,40-4,50	7,5YR 3/4	Wurzelreste, Knochenfragmente	kA		N	Auenlehm
4,50-4,60	7,5YR 3/4	Wurzelreste	kA		N	Auenlehm
4,60-4,70	7,5YR 3/3	angewittertes Mineral, Knochenfragmente, durchwurzelt	kA		N	Auenlehm
4,70-4,80	7,5YR 3/4	Kohle, Wurzelgänge,	In Umgebung von Wurzelgänge grünlich gefärbt		N	Auenlehm
4,80-4,90	7,5YR 3/3	Organik, Wurzelgänge	kA		N	Auenlehm
4,90-5,00	7,5YR 3/3	Kohle, Organik, G, Schnecke	Kies arkosig, quarzig, 0,77 % CaCO3	55,6/30,0/14,4 U,gs,fg',ms'	Korngröße, 14C,CNS,RFA,PAK,Isotope	Auenlehm
5,00-5,10	7,5YR 3/3	Organik, rötl Komponenten	grünlich fleckig, Fe-Oxid?		N	Auenlehm
5,10-5,20	7,5YR 3/2	Kohle, Organik, G	Kleines Steinchen (Quarzig)		N	Auenlehm
5,20-5,30	7,5YR 3/2	Kohle, Organik, G	kleines Steinchen sehr porös und grau		N	Auenlehm
5,30-5,40	7,5YR 3/2	kA	fleckig		N	Auenlehm
5,40-5,50	7,5YR 2,5/2	Schalen	grünl. gefleckt (2 for Gley 5/10 BG)		N	Auenlehm
5,50-5,60	7,5YR 4/3	grünliches Mineral, Ziegel	dunkle/graue Einregelungen/F-lecken (Rock Color Chart N2 Grayish black)		N	Auenlehm
5,60-5,70	7,5YR 3/4	fG	kantiges Gefüge		N	Auenlehm
5,70-5,80	7,5YR 3/2	fG, Ziegel	kA	57,6/26,9/15,5 U,gs',fg',ms'	Korngröße	Auenlehm

Tabelle A1: Schichtenverzeichnis und Probenahmeprotokoll des Bohrkerns BK 11/15 GM, fortgesetzt für die Bohrtiefe von 5,8-9,15m

5,80-5,90		7,5YR 3/2	kA	kA		N	Auenlehm
5,90-6,00		7,5YR 3/2	Schalen	hellere Flecken (7,5YR 4/3)		N	Auenlehm
6,00-6,20		7,5YR 3/3	Ziegel	kA	63,2/27,6/9,3 U,s,fg'	Korngröße	Auenlehm
6,20-6,50		7,5YR 3/4	kA	kA	40,4/39,1/20,5 U,s_gg'	Korngröße	Auenlehm
6,50-7,00		7,5YR 4/3	kA	evtl Kernverlust. Kern breig bei Bohrung		N	Auenlehm
7,10-7,20		7,5YR 4/3	kA	kA		N	Auenlehm
7,20-7,40	33606	5YR 3/2	kA	dunklere Schlieren (5YR 2,5/1), 2,77 % CaCO₃	27,2/60,1/12,7 S,u_fg'	Korngröße,CNS,RFA,PAK,Isotope	Auenlehm
7,40-7,50	7,45	5YR 3/2	schluffiger+ Ziegel	Evtl. Schüttungsereignis		N	Auenlehm
7,50	7,50	5YR 3/2	Kiese	Evtl. Schüttungsereignis		N	Schüttung
7,60	7,60	7,5YR 3/3	Ziegel + G	Evtl. Schüttungsereignis	29,8/38,5/31,6 S,u_mg,fg'	Korngröße	Schüttung
7,70	7,70	7,5YR 3/3	Ziegel + G	" +Schwarze Schlieren		N	Schüttung
7,80	7,75	5YR 4/2	deutlich kiesig,mG und gG	" +Schwarze Schlieren	39,9/35,0/25,1 U,s_mg',fg'	Korngröße	Schüttung
7,85	7,85	5YR 4/2	kA	Kryoturbat? Schwarze Schlieren (5YR 2,5/1)	34,9/50,8/14,3 S,u_fg'	Korngröße	Übergang
7,95	7,95	5YR 2,5/1	mG	dunkler	46,3/44,0/9,6 U,s_fg'	Korngröße	Sumpfton
8,05	8,05	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,15	8,15	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,25	8,25	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,35	8,35	7,5YR 3/1	fG	kA		N	Sumpfton
8,40	8,40	7,5YR 3/1	fG	kA		N	Sumpfton
8,45	8,45/ 33607	7,5YR 3/1	Schalen	2,17 % CaCO₃	30,4/45,0/24,6 S,u_fg	Korngröße,14C,CNS,RFA,PAK,Isotope	Sumpfton
8,50	8,50	7,5YR 3/1	kA	hellere Bänder	41,2/42,3/16,5 U,s_fg	Korngröße	Sumpfton
8,55	8,55	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,60	8,60	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,65	8,65	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,70	8,70	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,75	8,75	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,80	8,80	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,85	8,85	7,5YR 3/1	kA	kA		N	Sumpfton
8,87	8,87	7,5YR 3/1	kA	Fabrwechsel hell-->dunkler	27,7/52,3/19,9 S,u_fg	Korngröße	Sumpfton
8,90	8,90	7,5YR 2,5/1	kA	rötl.br. Eingearbeitetes Band (7,5YR 4/4)		N	Sumpfton
8,95	8,95	7,5YR 2,5/1	kA			N	Sumpfton
9,05	9,05	7,5YR 2,5/1	kA	rötl.br. Eingearbeitetes Band (7,5YR 4/4)		N	Sumpfton
9,15	9,15	7,5YR 2,5/1	kA	kA		N	Sumpfton

Tabelle A1: Schichtenverzeichnis und Probenahmeprotokoll des Bohrkerns BK 11/15 GM, fortgesetzt für die Bohrtiefe von 9,25-13,60m

9,25	9,25 / 33608	7,5YR 2,5/1 GleyChart1	Kohle,Schalen,Organik?	3,79 % CaCO ₃		CNS,RFA, PAK,Isotope	Sumpfton
9,30	9,30	2,5/N	Seeton	kA	39,9/48,6/11,5 S,u_,fg'	Korngröße	Sumpfton
9,45	9,45		Seeton	kA		N	Sumpfton
9,55	9,55	2,5/N GleyChart1	Seeton	kA		N	Sumpfton
9,65	9,65		Seeton	kA		N	Sumpfton
9,75	9,75	2,5Y 8/1	kA	Grau-->Weiß Übergang. Kreideähnlich	40,9/51,0/8,0 U,s_,fg'	Korngröße	Sauerwasserm ergel
9,85	9,85/ 33609	2,5Y 8/1	kA	Kreideähnlich, 50,51 % CaCO ₃		CNS,RFA, PAK,Isotope	Sauerwasserm ergel
9,95	9,95	2,5Y 5/1	kA	Kreideähnlich	55,3/38,0/6,7 U,s_,g'	Korngröße	Sauerwasserm ergel
9,97	9,97	2,5Y 5/1	Stein (Sandstein)	fest (dunkler)		N	Sauerwasserm ergel
9,99	9,99	2,5Y 6/1	Stein (Sandstein)	fest (heller)		N	Sauerwasserm ergel
10,00-10,10		kA	gG,mG,	fleckig, oxidiert absandend	27,1/23,2/49,7 G,u_,s'	Korngröße	Wanderschutt
10,50-10,60		kA	gG,mG	fleckig, oxidiert absandend	23,9/27,1/49,0 G,s,u_	Korngröße	Wanderschutt
10,90-11,00	33610		Steine, Kiese, Organik?	fleckig, oxidiert absandend, dunkles Material, 24,22% CaCO ₃	22,2/25,9/51,8 G,s,u_	Korngröße,CNS,RFA,PAK ,Isotope	Wanderschutt
11,00-11,10		grüngrau +rötlich	verwitterte Sandsteine, G	nicht mehr fleckig, Matrixgestützt	16,3/22,0/61,7 G,s,u_	Korngröße	Wanderschutt
11,50-11,60	33611	graue Matrix	fG,Organik	oxidiert, 25,80 % CaCO ₃	17,1/25,7/57,1 G,s,u_	Korngröße, 14C,CNS,RFA ,PAK,Isotope	Wanderschutt
11,80-11,90		kA	fG zu S	Übergang Komponentengestützt zu Matrixgestützt	36,8/45,3/17,9 S,u_,fg',mg'	Korngröße	Wanderschutt
12,00-12,10		kA	gG	kA	7,9/10,9/81,2 gG,mg',s',u'	Korngröße	Wanderschutt
12,50-12,60		kA	fG zu S	Kern Kompakt, Übergang Korngrößen	40,8/35,0/24,1 U,s_,g	Korngröße	Wanderschutt
12,80-12,90		röt. Matrix	fG mit gG Sandsteinen	kA	13,3/16,4/70,3 gG,u,mg',ms',gs',fg'	Korngröße	Wanderschutt
13,00-13,10		röt. Matrix	mG und gG	größere Komponenten	21,7/27,6/50,7 G,s,u_	Korngröße	Wanderschutt
13,50-13,60		röt. Matrix	Steine,gG,S	Kalkkonkretionen mit 8cm Durchmesser,weniger Feinmaterial	17,6/18,8/63,6 gG,s,u_,mg',fg'	Korngröße	Wanderschutt

Tabelle A1: Schichtenverzeichnis und Probenahmeprotokoll des Bohrkerns BK 11/15 GM, fortgesetzt für die Bohrtiefe von 14,00-20,00m

14,00-14,10		gräuliche Matrix (weniger rot)	Steine, gG	kA	14,2/25,3/60,5 G,s,u	Korngröße	Wanderschutt
14,50-14,60		kA	gG	keine Steine mehr	20,6/33,3/46,1 G,s,u	Korngröße	Wanderschutt
14,80-15,00		gräuliche Matrix	gG und Steine	Konkretionen	11,9/16,5/71,6 gG,u,ms',mg',fg'	Korngröße	Wanderschutt
15,20-15,40		kA	gG, Steine, wenig G	kA	9,9/11,1/79,0 gG,s',u',fg',mg'	Korngröße	Wanderschutt
15,50-15,60		gräulicher	Toniger, G, Steine	deutlich kompakter	40,5/26,5/33,0 U,gg,gs',ms',fg'	Korngröße	angewittert
15,80-15,90		gräulicher	Toniger, G, Steine	deutlich kompakter	42,8/24,8/32,4 U,g_,gs',ms'	Korngröße	angewittert
16,00-16,10		5Y 4/3 olivbrgr	fs,fg-mg,Kantengerundet	bröselt/absandend	49,0/31,7/19,3 U,gs,fg',ms',mg'	Korngröße	angewittert
16,20-16,30		5Y 4/3 olbrgr	Kantengerundet	kA	kA	N	angewittert
16,40-16,50		10YR 6/5	Kantig, matrix feiner, fg-mg, schluffig	kA	52,3/12,1/35,6 U,g_,s'	Korngröße	angewittert
16,50-16,90		10YR 6/5 nach unten hin etwas dunkler	Kantig, matrix feiner, fg-mg, schluffig	kA	kA	N	angewittert
16,90-17,00		10YR 6/4 olgbn	kantig, fg-mg, schluffig	sehr kompakt, feine Kiese sind in der Matrix "eingebacken"	56,2/17,1/26,7 U,g,ms',gs'	Korngröße	angewittert
17,00-17,20		gr	kA	kA	kA	N	angewittert
17,20-17,30		10YR 6/3, grbn	fg in schluffiger Matrix, kantig	bröselt stark, kalkige Kiese	49,0/24,7/26,2 U,fg',mg',ms',gs'	Korngröße	angewittert
17,30-17,90		wird gelber	kantig, fg-mg, schluffig	kA	kA	N	km1GG
17,90-18,00		ocker	kantig, fg-mg,schluffig	großer Stein	71,2/17,9/10,9 U,ms',mg',fs'	Korngröße	km1GG
18,00-18,50		gelblich	kantig, gG, schluffig	kA	kA	N	km1GG
18,50-18,60		10YR 6/5	kantig, fg-gG, schluffig	Steine und Kiese in schluffiger Matrix	32,3/7,2/60,5 G,u_,s'	Korngröße	km1GG
18,60-18,70		10YR 6/5	kantig, fg-gG, schluffig	Steine und Kiese in schluffiger Matrix	kA	N	km1GG
18,70-19,00		grau-dunkelgrau	Steinig	kA	kA	N	km1GG
19,00-20,00		grau	kompakter, Steine	lagig	kA	N	km1GG

kA: Keine Aufnahme

N: Nein

km1GG: km1 Grundgips

T+U werden als U zusammengefasst (keine Differenzierung)

Tabelle A2: Schwermetallgehalte [mg/kg] in Böden aus Baden-Württemberg (LfU, 1994)

Gestein/ Stratigraphie	Nickel			Zink			Blei			Chrom			Kupfer		
	min.*	X*	max.*	min.	X	max.	min.	X	max.	min.	X	max.	min.	X	max.
Sandstein, Bunt- sandstein /Keuper	0,3	11,0	61,0	0,6	29,7	99,0	1,3	19,8	127,0	0,7	17,5	113,0	0,2	5,0	27,0
Tonstein Keuper	24,0	42,8	110,0	33,0	49,6	71,3	2,3	23,2	48,3	31,0	52,3	86,0	14,0	38,9	134,0
Wechselfolge Keuper	4,7	24,1	44,0	16,0	45,9	80,0	6,3	19,7	31,0	8,1	34,0	59,5	2,1	9,5	20,0
Tonstein Jura	14,8	88,0	222,0	48,0	119,8	211,0	13,0	32,8	62,0	26,0	46,9	81,0	9,4	32,5	77,0
Kalke Jura	2,4	59,7	131,0	6,1	97,3	196,0	1,0	30,9	85,0	2,1	66,0	184,0	4,5	27,2	57,0
Löß	7,2	28,7	57,0	21,0	56,7	117,5	7,1	26,3	105,0	13,9	36,8	102,6	4,2	16,9	48,0

Tabelle A3: Schwermetallgehalte bezogen auf Stratigraphie und Gesteinsart ausgewählter Proben

Strat.	Gestein	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Cu	Co	Ni	Al	Gips	CO3	Ti/Zr
		[mg/kg]	[mg/kg]	[g/kg]	[mg/kg]									[g/kg]	[%]		
0,2	karb	45	570	7	695	9	0			39,5	0,0	0,0	13	7	4	88	12
0,2	mergel	10	286	15	222	19	17	5	0	12,6	11,8	10,3	21	18	33	17	29
0,2	sulf	91	112	1	43	2	1	4	2	5,5	2,9	1,2	2	2	71	2	1
0,5	karb			16	1320	33	26	31	71	1,0	1,0	8,0	20	24	0	52	
0,5	mergel			17	776	23	24	21	36	15,2	40,5	7,4	19	22	6	34	
0,8	karb	11	191	19	2010	37	0			6,1	0,0	0,0	26	30	1	53	16
0,8	mergel	10	357	38	520	55	54	37	119	5,3	7,5	8,7	49	48	1	23	34
0,8	sulf	47	10	0	13	0	0			0,0	0,0	0,0	0	0	87		0
1	karb	40	241	7	1993	31	12			412,8	39,2	1,7	9	0	1	76	6
1	mergel			33	695	107	77			135,3	212,4	25,9	55			19	
1,3	mergel	87	343	34	650	50	36			14,4	11,6	1,4	39	53	1	26	40
1,3	resid			8	67	19	13	10	50	2,8	12,4	2,0	11	11	45	4	
1,6	mergel			20	677	42	25	21	87	1,8	1,3	7,2	21	23	0	33	
1,6	resid			20	158	61	47	64	215	14,0	215,0	16,0	45	42	0	5	
2,3	resid			29	396	43	31	26	106	4,0	0,6	9,3	30	19	0	2	
2,8	mergel			27	483	50	39	28	156	9,3	4,3	11,7	34	32	0	21	
2,8	resid			43	119	39	45	30	235	8,5	0,2	8,5	38	35	0	0	
3,2	alsil			38	157	49	55	25	197	9,5	1,8	13,3	38	48	0	4	
3,2	mergel			28	2565	62	37	28	304	20,2	18,6	12,6	35	24	2	20	
3,2	resid			33	548	61	43	26	154	18,0	1,0	12,7	34	37	0	5	
3,5	alsil	21	593	36	206	85	62			0,0	15,0	10,0	46	71		0	27
3,5	karb			7	2590	27	23			16,6	6,2	3,7	10			60	
3,5	mergel	12	363	29	1154	60	49			15,5	39,2	5,7	33	57		26	28
3,5	resid	14	130	29	424	393	34	35	227	92,6	10,5	3,3	27	35	0	2	9
3,8	alsil	28	528	41	207	61	53	43	206	8,4	16,8	11,0	57	73	0	2	28
3,8	mergel	17	275	22	562	44	36	31	385	10,9	25,7	9,3	29	33	0	25	16
3,8	resid			16	144	36	30	30	179	7,3	25,3	9,3	30	30	0	4	
4,5	alsil	37	467	35	249	48	56			7,2	0,0	9,4	46	84		3	13
4,5	karb	65	269	21	1720	32	28			54,5	0,0	21,0	28	47		55	41
4,5	mergel	31	319	19	992	22	31	31	128	6,5	5,4	3,8	29	42	0	27	11
4,5	resid	27	166	10	174	22	28	28	266	3,0	6,8	15,6	20	39	0	1	7
5,2	karb	10	248	19	2180	16	0			9,6	0,0	0,0	22	36		53	24
5,2	mergel	17	417	25	864	20	30	34	637	12,5	3,5	5,6	32	31	0	27	25
5,2	resid			28	91	24	34	23	81	16,0	0,0	8,0	36	22	0	1	
5,8	mergel	16	338	23	625	23	19			18,2	0,0	0,0	29	53		18	21
5,8	resid			10	67	7	18	18	11	31,0	22,0	26,0	23	10	4	6	
6,2	karb			16	2303	89	7	17	19	685,0	24,0	15,0	27	3	5	78	
6,2	mergel			20	749	41	19	19	21	15,5	14,5	11,0	30	9	2	24	
6,2	resid			8	61	15	30	21	47	20,0	19,6	19,8	31	22	0	2	
6,4	oxid	44	822	76	1762	71	131			36,5	10,0	14,5	46	10		69	19
6,5	alsil	22	655	46	383	57	82			34,2	142,0	16,0	50	102		8	29
6,5	mergel	25	448	24	663	26	46	33	31	10,8	10,6	5,8	22	41	1	25	17
6,5	oxid			113	1405	19	9	17	27	66,0	3,0	17,0	33	6	30	20	
6,5	resid	34	289	35	570	42	71			17,0	0,0	15,6	27	44		7	8
6,8	karb	70	109	12	962	15	41			0,0	0,0	0,0	13	15		66	16
6,8	mergel	16	355	31	747	45	64			55,0	5,3	5,0	44	61		28	20

Gesteinsarten: sulf = >90 % Sulfat, oxid = Eisen > 13% (auf karbonatfrei gerechnet),
 karb. = Karbonat >50 %, mergel = Karbonat >10 % (Mergel), alsil = Si/Al <3,5 (Tonstein), resid = andere
 Strat.nr.: 0,2=Grundgips, 0,8 =Dunkelrote Mergel, 1=Bleiglanzbank, 1,3: Mittlerer Gipschizont
 1,8=Estheriensichten, 3,5 km3s, 3,8 km 3o, 4,5=km4, 5,2=km5, 5,8=ko
 6,4: Oolithenbank, 6,5= Angulatensichten, 6,8 : Arietenkalk, blau eingefärbt: Liasschichten#

Tabelle A4: Durchschnittliche Schwermetallgehalte und Al sowie Ti/Zr-Verhältnis für verschiedene Gesteinsarten ausgewählter Proben

Gesteinsart*	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Ni	Cu	Co	Al	Ti/Zr
	[mg/kg]		[g/kg]	[mg/kg]									[g/kg]	
alsil	305	5.295	39	227	56	58	28	199	11	48	23	12	74	22
karb	67	1.265	11	1.653	28	12	24	45	182	16	13	4	18	17
mergel	160	3.560	27	801	43	39	27	228	20	34	25	8	36	27
oxid	44	822	81	1.711	64	113	17	27	41	44	9	15	8	19
resid	245	1.680	19	234	62	31	25	127	16	26	14	11	28	8
sulf	85	98	1	41	2	1	4	2	5	1	3	1	2	1

Gesteinsarten: sulf= > 60 %,Sulfat, oxid = Eisen > 13% (auf karbonatfrei gerechnet),

karb. = Karbonat > 50 %, mergel = Karbonat >10 % (Mergel), alsil = Si/Al <3,5 (Tonstein), resid = andere

Bei dem fett gedruckten Wert ist ein sehr hoher Zink-Gehalt aus km3s enthalten, spätere km3s -Proben enthielten weniger Zink

Tabelle A5: Gehalte an Chrom, Mangan und Zink, gesamt und eluierbar ausgewählter Proben⁴

Gestein* ¹	Strat.nr.* ²	Cr	Cre* ³	Cr/Cre	Mn	Mne* ³	Mne/Mn	Zn	Zne* ³	Zne/Zn
alsil	3,5	62	1,07	2	206	6,77	3	85	4,54	5
	3,8	39	0,427	1	171	32,5	19	45	1,05	2
	3,8	58	0,635	1	215	31,6	15	59	1,22	2
	3,8	48	0,756	2	192	19	10	56	1,3	2
	3,8	68	0,608	1	245	16,1	7	72	2,69	4
	3,8	60	1,33	2	201	6,69	3	75	2,91	4
	4,5	61	0,867	1	498	411	83	43	2,25	5
	4,5	75	0,514	1	161	19,2	12	56	0,707	1
	4,5	41	0,242	1	109	7,47	7	45	3,6	8
	4,5	56	0,448	1	225	107	48	48	1,65	3
4,5	46	0,65	1	253	128	51	48	1,46	3	
alsil	6,5	78	3,6	5	305	206	68	44	13,1	30
	6,5	85	3,73	4	460	366	80	69	3,35	5
karb	0,2	0	1,03		962	763	79	13	3,19	25
	0,8	0	0,946		2010	1690	84	37	8,54	23
	1	0	0,497		2600	2140	82	24	24	100
	4,5	28	3,54	13	1720	1710	99	32	10	31
	5,2	0	2,89		2180	1870	86	16	2,27	14
karb	6,8	41	14,4	35	962	959	100	15,3	9,43	62
mergel	0,8	53	1,21	2	366	224	61	54	3,52	7
	0,8	63	0,841	1	707	572	81	64	3,68	6
	0,8	50	0,649	1	228	65,8	29	56	1,49	3
	1,3	19	0,693	4	401	265	66	60	2,26	4
	1,3	63	1,04	2	873	760	87	60	3,52	6
	1,3	12	0,701	6	304	193	63	33	1,82	6
	1,3	33	0,521	2	739	579	78	54	2,27	4
	1,3	41	1,91	5	922	804	87	50	3,9	8
	1,3	31	0,663	2	408	282	69	44	2,14	5
	3,5	49	1,24	3	1250	1230	98	88	9,67	11
	3,8	60	5,53	9	781	769	98	46	6,84	15
	4,5	32	0,82	3	614	611	100	27	5,43	20
	4,5	27	1,73	6	2140	2130	100	20	4,25	21
	4,5	44	1,1	3	929	925	100	28	3,68	13
	4,5	28	2,47	9	932	926	99	15	4,05	27
	5,2	56	1,11	2	483	457	95	29	1,93	7
	5,2	41	1,97	5	1340	1210	90	29	2,11	7
5,2	32	2,57	8	1350	1240	92	27	3,16	12	
5,8	19	2,19	12	625	547	88	23	2,72	12	
mergel	6,5	99	9,87	10	480	474	99	59	31,2	53
	6,5	59	9,62	16	648	602	93	21	11,8	56
	6,5	33	4,91	15	1040	1030	99	14	2,02	14
	6,8	87	13,3	15	333	228	68	64	21,8	34
	6,8	62	19,5	31	1180	1150	97	38	9,2	24
	6,8	42	12,4	30	729	724	99	33	8,25	25
oxid	6,4	91	20,9	23	1200	1180	98	19	6,8	36
resid	3,5	49	0,755	2	113	3,3	3	90	5,63	6
	3,5	17	0,919	5	106	6,58	6	1340	234	17
	3,5	33	1,16	4	135	9,4	7	51	3,22	6
	4,5	29	0,1	0	87	10,9	13	20	0,777	4
	4,5	32	0,059	0	80	12	15	16	0,627	4
	4,5	26	0,226	1	216	135	63	24	1,33	6
	4,5	37	0,419	1	238	115	48	44	1,49	3
	4,5	32	0,057	0	819	1,36	0	13	0,516	4
	4,5	29	0,396	1	240	236	98	21	1,29	6
	4,5	36	0,101	0	85	1,98	2	23	0,952	4
4,5	35	0,182	1	98	7,09	7	30	0,962	3	
resid	6,5	71	17,8	25	570	110	19	42	33,5	80

)*¹:Gesteinsarten: karb: > 80 % Kalk = Karbonat > 90 %, oxid = Eisen > 13% (auf karbonatfrei gerechnet), karb. = Karbonat > 50 %, mergel = Karbonat >10 % (Mergel), alsil = Si/Al <3,5 (Tonstein), resid = andere
)*²:Strat.nr.; 0,2=Grundgips, 0,8 =Dunkelrote Mergel, 1=Bleiglanzbank, 1,3: Mittlerer Gipshorizont, 3,5 km3s, 3,8 km 3o, 4,5= km4, 5,2=km5, 5,8=ko
 6,4: Oolithenbank, 6,5= Angulatenschichten, 6,8 : Arietenkalk (blau eingefärbt)
)*³: die mit e gekennzeichneten SM wurden mit EDTA eluiert, Nachweisgrenze unter denen der Gesamtgehalte.

Tabelle A6: Gehalte an Schwermetallen, Gips und Karbonat als Minimum, Mittelwert und Maximum für die jeweiligen Stratigraphieeinheiten ausgewählter Proben

Strat*	**	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Cu	Co	Ni	Gips	Karbonat
0,2	min	35,0	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,8
0,2	X	80,5	737	5,4	179,0	6,8	5,0	4,3	1,2	12,0	4,6	3,2	7,8	52,5	14,1
0,2	max	132,0	3440	42,0	962,0	65,0	55,0	15,0	12,0	117,0	32,0	29,0	63,0	85,1	88,0
0,5	min			14,3	429,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	30,6
0,5	X			16,8	866,3	25,1	24,2	22,7	41,5	12,8	33,9	7,5	19,2	4,7	37,2
0,5	max			19,4	1320,0	41,0	40,0	36,0	71,0	37,0	162,0	15,0	36,0	26,4	51,5
0,8	min	47,0	10	0,0	13,0	0,0	0,0	35,0	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8
0,8	X	101,1	2920	33,8	595,8	49,3	45,8	36,8	119,4	4,9	6,4	7,4	43,2	7,3	26,2
0,8	max	140,0	3760	51,3	2010,0	64,0	67,0	40,0	133,0	17,3	65,0	16,0	56,0	86,9	53,0
1	min			4,0	530,0	24,0	1,0			14,9	28,4	0,0	4,1	1,0	9,1
1	X	40,0	241	21,6	1271,7	72,9	48,5			258,6	135,4	15,1	34,6	1,0	40,4
1	max			38,7	2600,0	128,0	99,7			885,0	469,0	40,8	65,3	1,0	82,8
1,3	min	61,0	2570	3,4	13,0	10,0	7,0	4,0	30,0	0,0	0,0	0,0	6,0	1,0	1,4
1,3	X	87,3	3430	22,9	406,9	37,0	26,4	9,6	49,6	9,6	11,9	1,7	27,6	19,3	15,9
1,3	max	107,0	3990	52,6	922,0	60,0	63,0	17,0	76,0	30,9	44,0	10,0	50,0	55,5	47,0
1,6	min			16,6	158,0	36,0	19,0	16,0	64,0	0,0	0,3	6,0	16,0	0,1	5,4
1,6	X			19,8	590,5	45,2	28,5	28,0	108,5	3,8	36,9	8,7	24,7	0,1	28,0
1,6	max			22,4	872,0	61,0	47,0	64,0	215,0	14,0	215,0	16,0	45,0	0,3	40,9
2,3	min			16,4	88,0	30,0	20,0	16,0	30,0	0,0	0,0	6,0	18,0	0,0	0,9
2,3	X			29,3	395,5	43,1	30,6	25,8	106,1	4,0	0,6	9,3	30,4	0,2	2,4
2,3	max			37,8	1758,0	56,0	38,0	31,0	191,0	13,0	4,0	12,0	43,0	1,0	6,7
2,8	min			26,7	117,0	36,0	37,0	27,0	103,0	6,0	0,0	8,0	30,0	0,0	0,0
2,8	X			33,9	337,0	45,6	41,4	28,4	187,6	9,0	2,7	10,4	35,6	0,1	12,5
2,8	max			47,7	616,0	54,0	45,0	30,0	251,0	11,0	5,0	13,0	38,0	0,2	24,5
3,2	min			19,1	120,0	37,0	27,0	17,0	108,0	6,0	0,0	11,0	27,0	0,0	1,3
3,2	X			32,8	1258,1	57,4	44,8	26,4	230,7	16,1	8,6	12,8	35,6	0,7	10,9
3,2	max			40,0	2674,0	103,0	62,0	43,0	733,0	34,0	82,0	17,0	43,0	3,4	25,5
3,5	min	118,0	165	4,3	106,0	21,5	16,2	35,0	227,0	0,0	0,0	0,0	6,3	0,2	0,0
3,5	X	155,8	2695	27,7	910,5	192,1	41,6	35,0	227,0	44,9	22,0	4,9	29,8	0,2	17,2
3,5	max	217,0	5930	50,7	2590,0	1340,0	75,4	35,0	227,0	215,0	69,0	13,0	65,0	0,2	60,0
3,8	min	118,0	2750	11,9	133,0	26,0	15,0	17,0	68,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0
3,8	X	265,7	4863	27,5	324,5	48,5	40,8	31,9	284,5	9,1	22,3	9,9	39,6	0,2	11,4
3,8	max	715,0	5940	65,4	916,0	75,0	68,0	53,0	1324,0	36,5	83,0	23,0	82,0	1,0	46,3
4,5	min	65,0	538	1,8	9,0	10,0	6,0	13,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4,5	X	298,6	2899	18,5	447,4	28,4	35,2	29,0	231,3	7,1	4,6	11,8	28,5	0,1	10,0
4,5	max	679,0	5880	62,0	2140,0	56,0	75,0	54,0	580,0	54,5	60,0	155,0	60,0	0,1	55,0
5,2	min	104,0	2480	15,6	91,0	11,0	0,0	19,0	60,0	9,6	0,0	0,0	17,0	0,0	1,1
5,2	X	153,5	3748	25,0	909,0	20,2	27,9	32,4	567,9	12,6	2,9	5,3	31,5	0,1	27,4
5,2	max	191,0	4700	40,7	2180,0	29,0	56,0	98,0	3226,0	17,0	22,0	10,0	51,0	0,4	53,0
5,8	min		3380	10,3	67,0	7,0	18,0			18,2	0,0	0,0	23,0	4,2	5,7
5,8	X	163,0	3380	16,6	346,0	15,0	18,5	18,0	11,0	24,6	11,0	13,0	26,0	4,2	11,8
5,8	max		3380	22,9	625,0	23,0	19,0			31,0	22,0	26,0	29,0	4,2	18,0
6,2	min			7,3	36,0	13,0	6,0	5,0	17,0	13,0	4,0	5,0	6,0	0,0	0,0
6,2	X			12,1	513,0	31,0	24,3	19,6	36,8	102,0	18,9	17,0	30,0	1,1	16,8
6,2	max			32,6	2303,0	89,0	35,0	32,0	57,0	685,0	25,0	24,0	53,0	5,2	77,6
6,4	min		822	37,8	1200,0	19,0	63,1			0,0	2,9	0,0	24,0		52,4
6,4	X	44,0	822	76,3	1761,7	71,3	130,5			36,5	10,0	14,5	45,8		68,8
6,4	max		822	119,0	2930,0	119,0	251,0			120,0	16,8	32,5	75,0		82,8
6,5	min	84,0	1390	9,5	305,0	13,0	9,0	17,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	7,0
6,5	X	260,5	4910	40,1	672,9	33,8	52,3	27,7	29,3	22,8	37,8	10,4	29,7	10,5	18,3
6,5	max	357,0	8500	112,7	1405,0	69,0	99,0	35,0	38,0	66,0	260,0	18,0	72,0	30,0	45,0
6,8	min	70,0	1090	12,1	333,0	15,3	41,0			0,0	0,0	0,0	13,0		14,0
6,8	X	142,3	2940	26,5	801,0	37,6	58,0			41,3	4,0	3,8	36,3		37,5
6,8	max	194,0	6380	51,7	1180,0	64,0	87,0			142,0	16,0	15,0	79,0		66,0
7	min					21,0	13,9			7,1	4,2				
7	X	499,0	4457,0	29,0	909,0					26,3	16,9				
7	max					117,5	102,6			105,0	48,0				

Tabelle A6: Gehalte an Schwermetallen, Gips und Karbonat als Minimum, Mittelwert und Maximum für die jeweiligen Stratigraphieeinheiten ausgewählter Proben, fortgesetzt

Strat*	**	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Cu	Co	Ni	Gips	Karbonat
Mittelwerte zu ausgelaugten Proben															
0,2				27,6	2389,0	39,0	45,0	37,0	166,0	6,0	4,5	9,0	40,0		
0,5				18,1	2381,0	38,0	33,0	22,0	79,0	9,0	12,0	16,0	42,0		
0,8				34,3	2540,0	55,0	50,0	34,0	80,0	8,0	0,7	12,0	44,0		

Tabelle A7: Anzahl der ausgewerteten Analysen

Stratigraphie	Fe	Mn	Co	Ni	Zn	Pb	Cr	Cu	Zr	Ti	V	Ba	Al
Grundgips	21	21	21	21	21	21	21	21	11	11	10	10	21
Bochinger Horizont	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6
Dunkelrote Mergel	13	13	13	13	13	13	13	13	8	8	5	5	13
Bleiglanzbank	9	9	9	9	9	9	9	9	1	1	0	0	1
Mittlerer Gipskeuper	12	12	12	12	12	12	12	12	7	7	5	5	12
Estheriensichten	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	6	6	6
km2u	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8
km2o	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	5	5	5
km3u	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	12	12	12
km3s	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5	1	1	6
km3o	16	16	16	16	16	16	16	16	6	6	10	10	16
km4	22	22	22	22	22	22	22	22	18	18	4	4	22
km5	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	8	8	12
ko	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2
Lias alpha1	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0	8	8	8
Oolitethenbank	6	6	6	6	6	6	6	6	1	1	0	0	1
Lias alpha 2	9	9	9	9	9	9	9	9	6	6	3	3	9
Lias alpha 3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	4
Summe Keuper und Lias α	181	72	72	92	92	164							
Löss*	2	2		202	202	202	202	202	2	2			2
unter Nachweisgrenze	3	1		13	10	38	14	65	0	0	1	10	7

*: Zu den meisten Schwermetallen im Löss lagen keine Einzelanalysen vor. Die in Tabelle A2 genannten Gehalte basieren auf Proben mit den genannten Stückzahlen, wie in LfU, 1994 beschrieben. Für Ti, Zr, Fe, Mn und Al wurden zwei Analysen aus Holland, 1996 entnommen. Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze lagen nach Tabelle A2 nicht vor.

Tabelle A8: Elementverhältnisse in möglichen Ausgangsgesteinen

Strat.*	Ti/Zr	Si/Al	Ti/Al	Fe/Al	Mn/Al	Zn/Al	Cr/Al	V/Al	Ba/Al	Pb/Al	Cu/Al	Co/Al	Ni/Al	K/Al	Mg/CA
0,2	9,1	2,8	57,13	0,77	25,62	0,62	1,03	2,15	0,65	2,90	1,74	0,80	1,25	0,49	
0,5				0,86	40,66	1,00	0,97	0,91	1,67	0,53	1,28	0,31	0,77	0,34	0,84
0,8	27,6	3,5	65,19	0,79	15,72	1,18	1,06	0,93	3,04	0,12	0,13	0,19	1,02	0,38	0,88
1	6,0	keine Al-Gehalte verfügbar, deshalb ausgewichen auf SM/Fe in unterer Spaltei													0,16
1,3	39,5	3,5	65,01	0,67	9,14	1,37	0,94	0,92	5,37	0,35	0,53	0,10	0,90	0,32	0,12
1,6				0,82	26,79	1,80	1,07	1,02	4,17	0,13	0,89	0,33	0,93	0,47	1,29
2,3				1,63	23,94	2,49	1,73	1,54	5,56	0,25	0,04	0,53	1,73	0,77	3,27
2,8				1,01	10,35	1,38	1,24	0,86	5,54	0,27	0,08	0,32	1,07	0,51	1,86
3,2				0,97	49,32	1,82	1,32	0,84	7,88	0,54	0,37	0,40	1,09	0,71	1,27
3,5	16,5	5,5	49,95	0,83	14,25	9,83	0,93	1,33	8,66	1,70	0,41	0,11	0,85	0,49	0,18
3,8	25,9	3,3	66,82	0,59	9,88	1,15	0,92	1,08	10,60	0,23	0,68	0,24	0,89	0,38	1,06
4,5	11,7	4,8	47,59	0,37	10,16	0,63	0,77	2,61	24,69	0,26	0,47	0,24	0,64	0,18	2,50
5,2	24,5	3,6	68,42	1,01	41,37	0,79	1,13	1,88	48,28	0,57	0,27	0,30	1,27	0,26	0,35
5,8	20,7	4,6	63,89	0,75	9,37	0,58	1,11	1,86	1,14	1,77	1,14	1,34	1,46	0,18	0,29
6,2				1,56	158,40	6,56	1,71	1,89	3,12	33,96	2,10	1,65	2,90	0,14	0,63
6,4	18,7	3,0	82,20	3,78	120,00	1,90	9,10			0,00	1,50	0,00	2,40		0,01
6,5	19,6	4,5	68,26	3,05	55,20	1,29	1,47	3,94	4,40	1,68	0,70	0,58	1,24	0,22	0,09
6,8	19,1	5,4	64,63	0,62	31,23	0,95	1,67			0,48	0,03	0,03	0,80		0,03
7	8,9	5,0	71,31	0,46	14,54	0,91	0,59			0,42	0,27		0,46		
Strat.*	Ti/Zr					Zn/Fe				Pb/Fe	Cu/Fe	Co/Fe			
1	6,0					1,52				38,26	6,16	0,52		0,31	0,5714
	17,6	3,60	69,82	0,59	16,41	0,90	1,14	1,06	5,19	0,42	0,38	0,17	0,49	0,39	0,41
	12,4	4,02	59,25	0,42	6,29	0,83	0,88	0,92	8,04	0,43	0,35	0,15	0,35	0,43	0,90
3,8	25,9	3,3	66,82	0,59	9,88	1,15	0,92	1,08	10,60	0,23	0,68	0,24	0,89	0,38	1,06

Strat.nr.: 0,2=Grundgips; 0,5=Bochinger Horizont; 0,8 =Dunkelrote Mergel; 1=Bleiglanzbank; 1,3=Mittlerer Gipshorizont; 1,6=Estherienschichten; 2,3= Unterer Schilfsandstein; 2,8= Oberer Schilfsandstein, 3,2=km3u; 3,5= km3s; 3,8 km3o; 4,5= km4; 5,2=km5; 5,8=ko; 6,4= Oolithenbank; 6,5= Angulatenschichten; 6,8=Arietenkalk; 7= Löss

Tabelle A9: Analysenergebnisse für P+198-008 (Bodenprofil)

Tiefe	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Cu	Co	Ni
[cm]	[mg/kg]		[g/kg]	[mg/kg]								
0-10	315	4855	39	1007	162	147	75	466	45	59	14	35
-20	350	5154	41	1007	160	119	89	505	48	62	17	42
-30	372	5214	41	1007	117	106	84	491	43	46	15	43
-40	448	5574	41	1084	105	110	91	439	43	38	15	45
-50	281	5154	42	929	89	92	85	538	42	43	17	40
-60	279	5035	41	929	82	89	82	593	48	49	14	34
-70	214	5814	48	852	92	88	100	619	43	40	18	45
-80	239	5514	45	775	89	85	104	686	41	39	16	45
-90	311	5334	40	852	73	84	89	559	36	33	15	39

Tabelle A8: Analysenergebnisse für P+198-008 (Bodenprofil), fortgesetzt

Tiefe	Si	Al	Ti/Zr	Mg	Ca	CO ₃	Sand	Schluff	Ton	Farbe, Kies	OM
[cm]	[g/kg]		[%]								[%]
0-10	305	70	15	2,51	4,33	6,1	24	47	31	dunkelgraubraun, <1 Kies	7,1
-20	311	72	15	2,50	3,14	4,5	19	50	32		5,5
-30	307	75	14	2,53	3,36	6,2	12	57	33	braun, rostfleckig, < 1 % Kies	2,4
-40	319	74	12	1,85	2,64	3,9	5	65	31		2,1
-50	282	79	18	3,73	4,70	9,8	21	41	39	rötlich-braun, 7 % Keuperst., Backstein, Kohle	1,4
-60	281	77	18	3,55	5,50	10,1	26	38	36		1,2
-70	272	85	27	3,94	4,15	8,7	9	45	46	Rötl.-braun, 5 % Keuper-, Backst., Eisenschlacke, Wasserschnecken	1,1
-80	280	84	23	3,90	3,66	7,9	11	47	44		1,2
-90	292	79	17	3,88	3,26	6,4	24	43	33	rötlich-braun, 1 % Keuper-, Backst.	1,1
-100	296	78	16	3,87	3,14	6,4	26	44	31	rötlich-braun, ohne Beimengungen	1,1
-110	299	79	16	3,54	2,74	5,8	17	51	33		1,0
-120	301	79	16	3,29	2,54	5,5	12	54	36		1,0

Tabelle A10 Gehalte an Schwermetallen in S+178+007 (Baggerschurf)

Tiefen unterhalb 1m	Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Pb	Cu	Co	Ni	Si	Al	TiZr	Mg	Ca	Beschreibung
	[mg/kg]		[g/kg]	[mg/kg]									[g/kg]	[%]				
-110	307	5274	42	1007	77	87	86	472	37	38	13	33	291	78	17	4,2	7,4	gelblichbraun-braun, Ton und Löss, gefleckt, mit Ziegelbruch
-120	321	5454	44	1162	78	87	90	463	39	37	15	39	293	79	17	4,0	6,7	gelblichbraun-braun, Ton und Löss, gefleckt, mit Ziegelbruch
-130	317	5454	44	1084	76	79	93	428	34	43	15	37	292	79	17	2,4	5,0	gelblichbraun-braun, Ton und Löss, gefleckt, mit Ziegelbruch
-140	319	5454	44	1162	72	81	87	451	34	31	14	36	291	79	17	4,2	5,5	gelblichbraun-braun, Ton und Löss, gefleckt, mit Ziegelbruch
-150	307	5454	47	1239	74	96	83	455	36	30	16	40	284	79	18	2,9	5,0	gelblichbraun-braun, Ton und Löss, gefleckt, mit Ziegelbruch
-160	299	5274	45	1239	68	86	80	392	32	29	13	37	272	76	18	3,1	7,6	braun-hellbraun, Beimengungen, evtl. mit Schaufeln aufgetragen
-170	207	3896	35	542	67	84	65	445	30	30	13	25	281	68	19	4,9	5,4	rötlicher werdend, mit Schilfsandst., Ziegelbruch, Mörtelresten, Keramik
-180	295	4975	34	387	72	76	75	570	32	33	15	31	290	77	17	3,9	4,4	rotviolettbraun, mit Schilfsandst., Ziegelbruch, Mörtelresten, Keramik
-190	305	4915	35	465	69	75	74	568	33	32	15	31	288	75	16	4,0	4,8	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-190	318	5035	36	465	70	72	73	565	30	29	13	29	291	76	16	3,8	4,4	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-200	307	4855	35	465	64	65	78	585	32	27	13	29	290	74	16	3,9	4,7	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-200	302	4735	34	465	67	73	76	551	30	29	13	29	294	75	16	3,9	4,2	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-210	325	4495	32	465	66	67	71	538	31	27	11	26	294	74	14	3,8	4,2	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-220	313	4555	33	465	61	78	68	566	33	26	12	27	297	74	15	4,0	4,5	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-230	315	4555	34	465	61	68	73	589	32	26	12	27	292	73	14	3,9	4,5	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-240	353	4375	31	465	61	65	68	594	32	26	11	26	297	74	12	3,9	4,3	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-250	326	5035	35	465	64	80	69	528	32	27	13	28	286	75	15	4,2	4,7	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-260	287	4735	36	542	64	68	72	583	29	27	14	29	288	74	16	4,1	4,6	braun-violett, Rostflecken, keine Ziegel, schwarze Flecken auf Foto
-270	283	4555	34	465	67	75	67	588	33	34	12	27	287	73	16	4,2	4,8	braun-violett-grau, Flecken, eingebettete Keramik, Mollusken und Holzkohle
-275	204	3356	27	387	51	76	61	444	24	19	10	22	300	65	16	4,4	4,8	grau, Flecken, 85% Sand, eingebettete Keramik, Mollusken und Holzkohle
-285	322	5454	45	1472	68	74	83	453	36	22	16	38	287	75	17	2,3	6,2	Farbe?, Sand >85 %, eingebettete Keramik, Mollusken und Holzkohle

Tabelle A111: Analysenergebnisse für B+158-215 (Bohrkern)

Tiefe [m]		Zr	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	V	Ba	Farbe, Kies, Bemerkungen
von	bis	[mg/kg]	[mg/kg]	[g/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	
2,00	2,10	200	2.937	25	1.084	30	90	62	519	dunkelbraun, Ziegel, Glas, Kohle
3,40	3,50	479	4195	25	1704	0	0	58	595	Dunkelbr., schwarz- und orangeff., Holzkohle
4,20	4,30	326	4735	32	852	0	83	88	578	dunkelbraun, Holzkohle
4,90	5,00	341	4495	36	697	0	51	86	627	dunkelbraun, Holzkohle
7,20	7,40	224	4495	36	775	7	107	104	693	dunkelbraun/ schwarz, mit Ziegel
7,40	8,45	112	3896	37	775	4	139	106	669	dunkelbraun, tw- schwarze Schlieren
8,45	9,25	112	4016	33	775	7	119	102	676	dunkelbraun, schwarz
9,25	9,85	186	1918	15	852	0	55	35	584	grau
10,90	11,00	155	1978	21	1007	0	106	50	1434	dunkles Material, fleckig
11,50	11,60	156	2397	26	1007	0	108	47	1047	graue Matrix, oxidiert

Tabelle A11: Analysenergebnisse für B+158-215 (Bohrkern), fortgesetzt

Tiefe [m]		Si	Al	Ti/Zr	Mg	Ca	CO ₃	Org.M.	Sand	U+T	Kies
von	bis	[g/kg]			[%]						
2,00	2,10	269	53	15	2,1	6,1	15,9	2,6	50	25	25
3,40	3,50	322	57	9	1,4	2,4	5,9	0,9	43	55	2
4,20	4,30	307	76	15	1,7	0,9	1,7	0,7	20	60	20
4,90	5,00	306	78	13	2,0	0,6	0,8	0,5	30	57	13
7,20	7,40	268	91	20	2,3	1,5	2,8	1,3	57	30	13
7,40	8,45	196	87	35	2,5	2,2	2,2	7,7	45	35	20
8,45	9,25	200	87	36	2,5	2,6	3,8	7,5	45	35	20
9,25	9,85	146	33	10	1,9	19,6	50,5	2,7	50	40	10
10,90	11,00	272	42	13	3,4	6,7	24,2	0,3	23	17	60
11,50	11,60	254	48	15	3,8	6,6	25,8	0,4	25	20	55

U: Schluff, T: Ton

Tabelle A12: Fe, V, Rb, CaO, Sr, Y, Zr, Nb, U, La und Zr/Y-Verhältnis für drei Probenahmestellen im Stuttgarter Schlossgarten

Tiefe [cm]		Fe	V	Rb	CaO	Sr	Y	Zr	Nb	U	La	Zr/Y
von	bis	[g/kg]	[mg/kg]		[%]	[mg/kg]						
P+198-008 (Bodenprofil)												
0	10	39,38	75	65	6,06	161	31	315	17	2		10,2
10	20	40,71	89	66	4,4	140	32	350	19	3		10,9
20	30	40,57	84	68	4,7	145	34	372	19	0		10,9
30	40	40,99	91	67	3,69	139	38	448	21	2		11,8
40	50	42,39	85	76	6,58	139	28	281	16	3		10,0
50	60	40,64	82	63	7,7	149	26	279	15	2		10,7
60	70	48,13	100	90	5,81	133	26	214	17	2		8,2
70	80	44,63	104	94	5,12	130	28	239	17	5		8,5
80	90	39,59	89	85	4,56	129	28	311	17	3		11,1
90	100	37,22	86	87	4,4	130	29	325	18	4		11,2
100	110	38,62	87	89	3,83	129	31	352	19	4		11,4
110	120	38,55	91	89	3,56	134	31	351	19	3		11,3
S+178+007 (Baggerschurf)												
100	110	42,46	86	72	7,44	162	31	307	17	2		9,9
110	120	44,14	90	75	6,74	157	32	321	17	3		10,0
120	130	43,72	93	80	7,02	151	31	317	17	0		10,2
130	140	43,51	87	76	7,63	162	31	319	17	3		10,3
140	150	46,66	83	75	7,05	157	29	307	17	0		10,6
150	160	44,77	80	72	10,62	183	29	299	16	3		10,3
160	170	34,56	65	67	7,59	135	21	207	12	2		9,9
170	180	34,28	75	85	6,12	158	26	295	16	4		11,3
180	190	34,98	74	81	6,67	162	26	305	16	3		11,7
180	190	35,61	73	85	6,17	162	26	318	16	3		12,2
190	200	34,63	78	80	6,59	155	25	307	15	5		12,3
190	200	33,58	76	82	5,9	158	27	302	16	2		11,2
200	210	32,18	71	80	5,91	163	26	325	16	0		12,5
210	220	32,88	68	77	6,27	160	25	313	17	3		12,5
220	230	33,51	73	75	6,35	161	26	315	15	2		12,1
230	240	30,99	68	79	6,07	161	26	353	16	4		13,6
240	250	35,26	69	77	6,59	157	26	326	16	2		12,5
250	260	35,61	72	82	6,49	158	24	287	15	2		12,0
260	270	33,79	67	78	6,65	159	24	283	15	2		11,8
270	275	26,86	61	71	6,67	134	20	204	11	3		10,2
275	285	45,47	83	71	8,72	178	31	322	17	0		10,4
B+158+215 (Bohrkern)												
2,00	2,10	25,46	62	96	8,52	130	34	200			17	5,9
3,40	3,50	25,11	58	90	3,30	133	48	479			25	10,0
4,20	4,30	31,76	88	125	1,32	120	37	326			32	8,8
4,90	5,00	35,61	86	129	0,81	80	48	341			32	7,1
7,20	7,40	35,89	104	152	2,03	100	41	224			26	5,5
7,40	8,45	37,43	106	150	3,12	211	17	112			29	6,6
8,45	9,25	32,74	102	152	3,57	236	13	112			28	8,6
9,25	9,85	15,11	35	58	27,47	517	14	186			9	13,3
10,90	11,00	21,41	50	69	9,42	183	10	155			9	15,5
11,50	11,60	25,81	47	81	9,25	261	0	156			15	

Tabelle A13: Elementverhältnisse in P+198-008 (Bodenprofil), in mg/kg ausgenommen Fe und Al in g/kg

von [cm]	bis	Ti/Zr	Si/Al	Ti/AlI	Fe/Al	Mn/Al	Zn/Al	Cr/Al	V/Al	Ba/Al	Pb/Al	Cu/Al	Co/Al	Ni/Al	K/Al	Mg/Ca
0	10	15,41	4,39	69,79	0,57	14,48	2,33	2,11	1,08	6,70	0,65	0,85	0,20	0,50	0,42	0,58
10	20	14,73	4,30	71,44	0,56	13,96	2,22	1,65	1,23	7,00	0,67	0,86	0,24	0,58	0,4	0,79
20	30	14,02	4,11	69,76	0,54	13,47	1,57	1,42	1,12	6,57	0,58	0,62	0,20	0,58	0,37	0,75
30	40	12,44	4,29	75,05	0,55	14,60	1,41	1,48	1,23	5,91	0,58	0,51	0,20	0,61	0,34	0,7
40	50	18,34	3,59	65,57	0,54	11,82	1,13	1,17	1,08	6,84	0,53	0,55	0,22	0,51	0,43	0,79
50	60	18,04	3,63	65,14	0,53	12,03	1,06	1,15	1,06	7,67	0,62	0,63	0,18	0,44	0,42	0,64
60	70	27,17	3,19	68,30	0,57	10,01	1,08	1,03	1,17	7,27	0,51	0,47	0,21	0,53	0,45	0,95
70	80	23,07	3,33	65,59	0,53	9,21	1,06	1,01	1,24	8,16	0,49	0,46	0,19	0,54	0,44	1,07
80	90	17,15	3,69	67,49	0,50	10,78	0,92	1,06	1,13	7,07	0,46	0,42	0,19	0,49	0,43	1,19
90	100	16,04	3,82	67,28	0,48	10,99	0,89	1,14	1,11	6,66	0,40	0,39	0,19	0,44	0,43	1,23
100	110	15,66	3,81	70,09	0,49	12,80	0,88	1,17	1,11	6,94	0,42	0,34	0,19	0,48	0,42	1,29
110	120	16,05	3,83	71,67	0,49	11,82	0,90	0,99	1,16	7,09	0,42	0,37	0,19	0,47	0,4	1,29

Tabelle A14: Elementverhältnisse in S+178-007 (Baggerschurf), in mg/kg ausgenommen Fe und Al in g/k

von [cm]	bis	Ti/Zr	Si/Al	Ti/AlI	Fe/Al	Mn/Al	Zn/Al	Cr/Al	V/Al	Ba/Al	Pb/Al	Cu/Al	Co/Al	Ni/Al	K/Al	Mg/Ca
100	110	17,2	3,75	67,91	0,55	12,97	0,99	1,12	1,11	6,08	0,48	0,49	0,17	0,42	0,36	0,48
110	120	17,0	3,69	68,87	0,56	14,67	0,98	1,10	1,14	5,85	0,49	0,47	0,19	0,49	0,34	0,50
120	130	17,2	3,69	69,05	0,55	13,73	0,96	1,00	1,18	5,42	0,43	0,54	0,19	0,47	0,35	0,47
130	140	17,1	3,70	69,19	0,55	14,74	0,91	1,03	1,10	5,72	0,43	0,39	0,18	0,46	0,33	0,76
140	150	17,8	3,60	69,19	0,59	15,72	0,94	1,22	1,05	5,77	0,46	0,38	0,20	0,51	0,40	0,58
150	160	17,6	3,60	69,82	0,59	16,41	0,90	1,14	1,06	5,19	0,42	0,38	0,17	0,49	0,39	0,41
160	170	18,8	4,13	57,27	0,51	7,97	0,98	1,23	0,96	6,54	0,44	0,44	0,19	0,37	0,49	0,91
170	180	16,9	3,79	64,94	0,45	5,06	0,94	0,99	0,98	7,44	0,42	0,43	0,20	0,40	0,44	0,89
180	190	16,1	3,83	65,33	0,46	6,18	0,92	1,00	0,98	7,55	0,44	0,43	0,20	0,41	0,45	0,83
180R*	190	15,8	3,84	66,46	0,47	6,13	0,92	0,95	0,96	7,46	0,40	0,38	0,17	0,38	0,45	0,87
190A	200	15,8	3,93	65,83	0,47	6,30	0,87	0,88	1,06	7,93	0,43	0,37	0,18	0,39	0,47	0,84
190B	200	15,7	3,91	63,03	0,45	6,19	0,89	0,97	1,01	7,33	0,40	0,39	0,17	0,39	0,43	0,93
200	210	13,8	3,97	60,61	0,43	6,27	0,89	0,90	0,96	7,25	0,42	0,36	0,15	0,35	0,43	0,90
210	220	14,6	4,04	61,90	0,45	6,32	0,83	1,06	0,92	7,69	0,45	0,35	0,16	0,37	0,45	0,89
220	230	14,5	3,99	62,17	0,46	6,34	0,83	0,93	1,00	8,04	0,44	0,35	0,16	0,37	0,45	0,86
230	240	12,4	4,02	59,25	0,42	6,29	0,83	0,88	0,92	8,04	0,43	0,35	0,15	0,35	0,43	0,90
240	250	15,4	3,84	67,45	0,47	6,23	0,86	1,07	0,92	7,07	0,43	0,36	0,17	0,38	0,47	0,89
250	260	16,5	3,89	63,84	0,48	7,31	0,86	0,92	0,97	7,86	0,39	0,36	0,19	0,39	0,47	0,89
260	270	16,1	3,92	62,22	0,46	6,35	0,92	1,02	0,92	8,03	0,45	0,46	0,16	0,37	0,47	0,89
270	275	16,5	4,62	51,63	0,41	5,96	0,78	1,17	0,94	6,83	0,37	0,29	0,15	0,34	0,47	0,93
275	285	16,9	3,80	72,30	0,60	19,51	0,90	0,98	1,10	6,01	0,48	0,29	0,21	0,50	0,35	0,37

R*: Probe mit Rost

Tabelle A15: Elementverhältnisse in B+158+215 (Bohrkern), in mg/kg ausgenommen Fe und Al in g/kg

von [cm]	bis	Ti/Zr	Si/Al	Ti/AlI	Fe/Al	Mn/Al	Zn/Al	Cr/Al	V/Al	Ba/Al	Pb/Al	Cu/Al	Co/Al	Ni/Al	K/Al	Mg/Ca
2,00	2,10	14,69	5,08	55,42	0,48	20,46	0,57	1,70	1,17	9,79	0,35	0,48	2,00	2,10	14,69	5,08
3,40	3,50	8,76	5,65	73,60	0,44	29,90	0,00	0,00	1,02	10,44	0,61	0,34	3,40	3,50	8,76	5,65
4,20	4,30	14,52	4,04	62,30	0,42	11,21	0,00	1,09	1,16	7,61	1,82	0,31	4,20	4,30	14,52	4,04
4,90	5,00	13,18	3,92	57,63	0,46	8,94	0,00	0,65	1,10	8,04	3,37	0,33	4,90	5,00	13,18	3,92
7,20	7,40	20,07	2,95	49,40	0,39	8,51	0,08	1,18	1,14	7,62	1,55	0,32	7,20	7,40	20,07	2,95
7,40	8,45	34,79	2,25	44,78	0,43	8,90	0,05	1,60	1,22	7,69	1,12	0,31	7,40	8,45	34,79	2,25
8,45	9,25	35,86	2,30	46,16	0,38	8,90	0,08	1,37	1,17	7,77	0,99	0,32	8,45	9,25	35,86	2,30
9,25	9,85	10,31	4,42	58,12	0,46	25,82	0,00	1,67	1,06	17,70	0,09	0,41	9,25	9,85	10,31	4,42
10,90	11,00	12,76	6,48	47,10	0,51	23,97	0,00	2,52	1,19	34,14	0,50	0,44	10,90	11,00	12,76	6,48
11,50	11,60	15,37	5,29	49,94	0,54	20,98	0,00	2,25	0,98	21,81	0,58	0,44	11,50	11,60	15,37	5,29

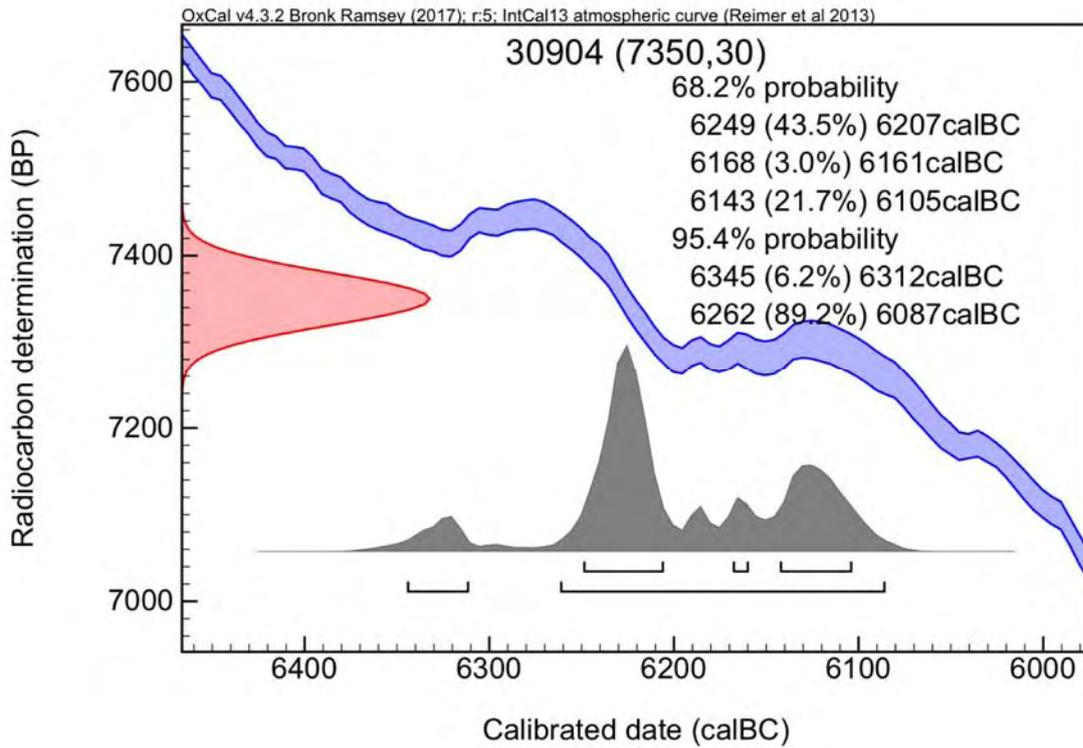


Abbildung A1: 14C

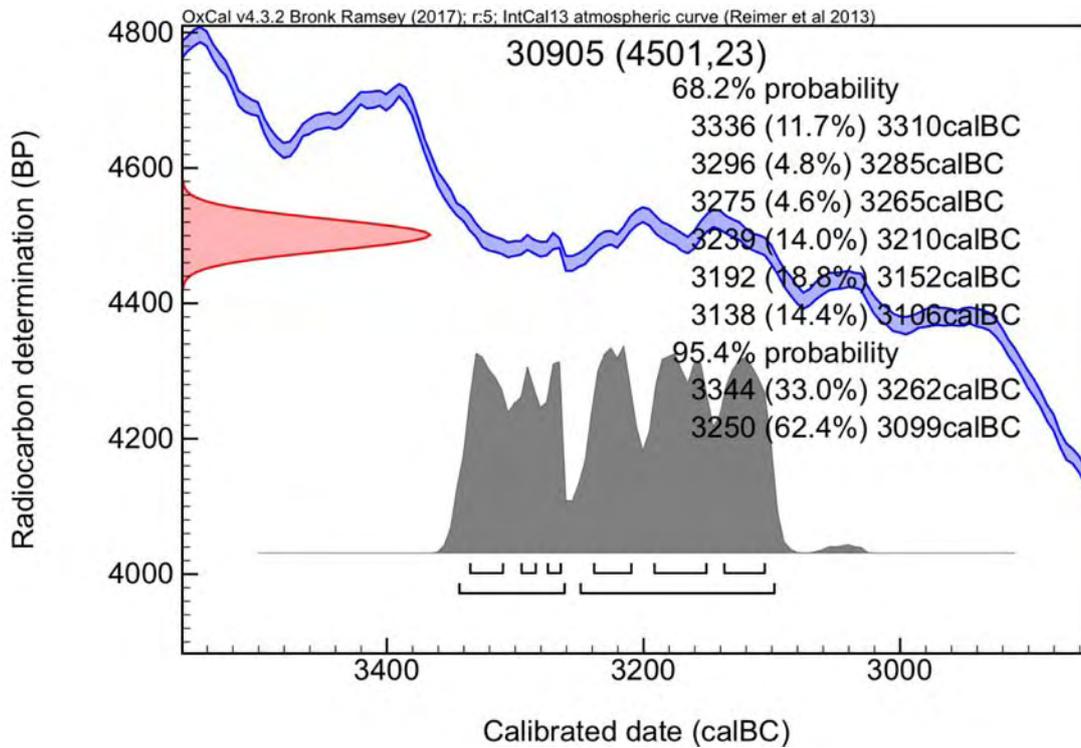


Abbildung A2: 14C

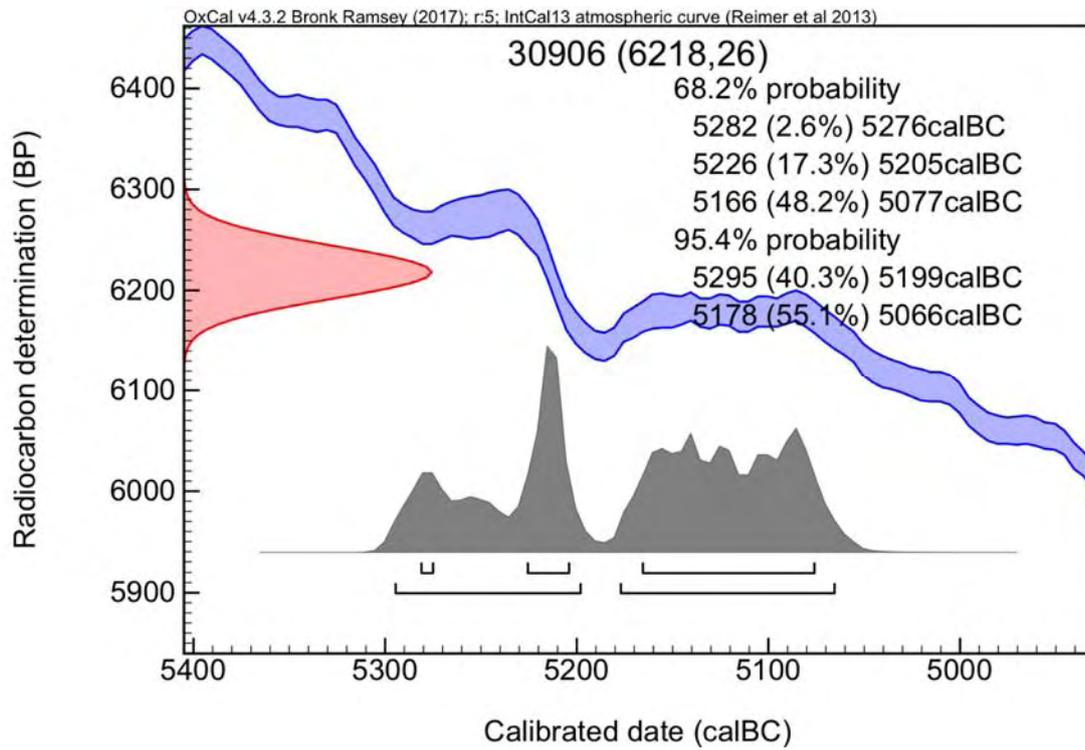


Abbildung A3: 14C

Tabelle A16P+138-009_160403 (Mitte Nord, Stuttgart 21 II) Makroreste in Pollenprofil, alphabetische Anordnung der Taxa
Pflanzennamen nach Oberdorfer (1990)

Probennummer	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	Summe gezählt																																		
Länge der Probe (in cm)	7	5	5	8	10	10	10	Teil 1 10,5	8	10	10	10	10	Teil 1 10	5	2,5	2,5	5	5	10	10	10	6	5	5																																			
Position im Profil (in cm)	0-7 von ober	7-12	12-17	17-25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-73	73-83	83-93	93-103	103-113	113-123	122,5-127,5	127,5-130	130-132,5	132,5-137,5	137,5-142,5	142,5-152,5	152,5-162,5	162,5-172,5	59-65	112,5-117,5	117,5-122,5																																			
Volumen (in cm ³)	567	490	472,5	832	1040	1125	1080	1197	720	900	900	800	1080	1197	720	900	385	175	157,5	280	280	525	525	525	540	455	420																																	
Volumen davon organisch (in ml)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	15	105	250	350	600	750	360	330	700	140	65	70	110	100	80	60	40	110	140 von 280	180																																			
AMS-Datierung	an <i>Sambucus ebulus</i>												an <i>Carex rostrata</i>												an <i>Thalictrum</i>												fundleer												fundleer											
Taxon																										deutsche Pflanzennamen																																		
<i>Alisma</i> cf. <i>plantago-aquatica</i> L.	Fr/Embryo unv		2																							2	wohl Gewöhnlicher Froschlöffel																																	
Apiaceae Indet.	unv				1			1	1																	4	Doldengewächse																																	
<i>Atriplex</i> sp.	unv						1																			1	Melden-Art																																	
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Cov.	unv																									50	Aufrechter Merk, Berle																																	
<i>Betula</i> sp.	Sa unv																									4	Birken-Art																																	
<i>Carex</i> cf. <i>hirta</i> L.	IFr unv			19	12	1	1																			34	wohl Rauhe Segge																																	
<i>Carex</i> cf. <i>paniculata</i> L.	IFr unv																									10	wohl Rispen-Segge																																	
<i>Carex</i> cf. <i>paniculata</i> L.	Schl mit IF unv																									3	wohl Rispen-Segge																																	
<i>Carex</i> cf. <i>rostrata</i> Stokes	IFr unv							3	14		13	127	8						5							8	7	10	250	wohl Schnabel-Segge																														
<i>Carex</i> cf. <i>rostrata</i> Stokes	Schl mit IF unv																										26	wohl Schnabel-Segge																																
<i>Carex</i> cf. <i>vulpina</i> L.	IFr unv						1																			1	wohl Fuchs-Segge																																	
<i>Carex elata</i> All. / <i>C. acuta</i> L.	unv																									1	Stefe oder Schlanke Segge																																	
<i>Carex</i> sp. <i>bicarpellat</i>	IFr unv							1	1																	1	Seggen-Arten zweiseitige Frucht																																	
<i>Carex</i> sp. <i>tricarpellat</i>	IFr unv							13	2		3	5	11	2												3	8	12	107	Seggen-Arten dreiseitige Frucht																														
<i>Carex</i> sp. <i>Frag.</i>	IFr unv													1												1	Seggen-Arten																																	
<i>Chenopodium</i> sp.	unv					1																				1	Gänsefuß-Arten																																	
<i>Ch. ficifolium</i> Sm. / <i>Ch. polyspermum</i> L.	unv		11	17	6																					1	Feigenbl. / Vielsa. Gänsefuß																																	
<i>Cirsium</i> cf. <i>palustre</i> (L.) Scop.	unv						2																			2	wohl Sumpf-Kratzdistel																																	
<i>Daucus carota</i> L.	unv																									1	2	Wilde Gelbe Rübe, Möhre																																
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	unv		1																							2	Wasserrost																																	
<i>Glechoma hederacea</i> L.	unv				1	2																				3	Gundelrebe, Gundermann																																	
<i>Lycopus europaeus</i> L.	unv		1						8	11		1														29	wohl Ufer-Wolfstrapp																																	
<i>Mentha</i> cf. <i>aquatica</i> L.	unv																									1	wohl Wasser-Minze																																	
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	unv																									1	Wald-Nabelmiere																																	
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	RhizFrag unv															1										1	Schilfrohr																																	
<i>Potentilla</i> cf. <i>reptans</i> L.	unv				17	11	2																			30	wohl Kriechendes Fingerkraut																																	
<i>Potentilla</i> sp.	unv																									2	Fingerkraut-Arten																																	
<i>Ranunculus</i> sp. Subgen. <i>Ranunculus</i>	unv						4																			5	Hahnenfuß-Arten (excl. Wasser-)																																	
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	unv	3																								3	Brombeeren																																	
<i>Sambucus ebulus</i> L.	unv	108	16		1																					5	130	Zwerg-Holunder, Attich																																
<i>Sambucus nigra</i> L.	unv	3	5																							8	Schwarzer Holunder																																	
<i>Sambucus</i> sp.	Frag. unv			1			1																			2	Holunder-Arten																																	
cf. <i>Silene dioica</i> (L.) Clairv.	unv																									1	wohl Tag-Lichtnelke																																	
cf. <i>Sium latifolium</i> L.	unv																									3	Großer Merk, Merle																																	
<i>Solanum dulcamara</i> L.	unv							93	25																	253	Bittersüßer Nachtschatten																																	
<i>Solanum</i> sp.	Frag. unv																									7	Nachtschatten-Art																																	
<i>Sparganium erectum</i> agg. / <i>Sp. emersum</i> Rehm.	unv								3																	3	Ästiger Igelkolben																																	
<i>Stachys palustris</i> L.	unv						2					3														5	Sumpf-Ziest																																	
<i>Stellaria graminea</i> L. / <i>St. palustris</i> Ehrh. ex Hoffm.	unv																									1	Gras- / Sumpf-Sternmiere																																	
<i>Stellaria media</i> L.	unv						2																			2	Vogelmiere																																	
<i>Thalictrum</i> cf. <i>flavum</i> L.	unv											29														4	3	141	wohl Gelbe Wiesenraute																															
<i>Urtica dioica</i> L.	unv				11	13	12																				36	Große Brennesel																																
<i>Valeriana officinalis</i> agg. / <i>V. dioica</i> L.	unv																									1	Arznei- / Sumpf-Baldrian																																	
Moosfragmente	unv								7																		7																																	
Knospen	unv												2														3																																	
Knospenschuppen (klein und haarig)	unv								26																		26																																	
Summe, gezählt		114	38	37	20	33	27	29	111	138	28	134	52	4	3	104	42	47	19	1	0	0	2	213	20	27	1243																																	
Summe, hochgerechnet		114	38	37	20	33	27	29	111	276	112	536	156	4	12	104	42	47	19	1	0	0	2	213	40	27	2000																																	
Volumen (in cm ³)		0,567	0,49	0,473	0,832	1,04	1,125	1,08	1,197	0,72	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,385	0,175	0,158	0,28	0,28	0,525	0,525	0,525	0,54	0,455	0,42	15,992																																	
Bearbeitungsgrad (x% von 100% ausgelesen)		100	100	100	100	100	100	100	100	50	25	25	33	100	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100	25-100																																
Funddichte (Reste pro l)		201,1	77,6	78,2	24	31,7	24	26,9	92,7	383,3	124,4	595,6	195	5	15	270,1	240	297,5	67,9	3,6	0	0	3,8	394,4	26,4	64,3	77,7																																	

Abkürzungen:
 agg. = Aggregat Rhiz = Rhizom
 cf. = conferre Sa = Same
 Feigenbl. = Feigenblättriger Schl = Fruchtschlauch
 Fr = Frucht sp. = species
 Frag. = Fragment Subge. = Subgenus
 lfr = Innenfrucht unv = unverkohlt
 Indet. = Indeterminat Vielsa. = Vielsamiger
 sonstige Kürzel stellen Autorennamen von Erstbeschreibern dar

Anhang II

Protokoll zur archäologisch-bodenkundlichen Sondage im Mittleren Schlossgarten Stuttgart (Baufeld Stuttgart 21) am 14. November 2013 gemäß Absprachen mit der DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH

Autoren:

Bodenkunde:

Dr. Andreas Lehmann

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Universität Hohenheim

as@uni-hohenheim.de

t: 0711 45922126, m: 0170 15 49 658

November 2013

Archäologie, Befundsituation:

Stephan Papadopoulos

Grabungstechniker

Regierungspräsidium Stuttgart

Landesamt für Denkmalpflege

stephan.papadopoulos@rps.bwl.de

Archäologie, Resümee:

Prof. Dr. phil habil. Dirk Krause

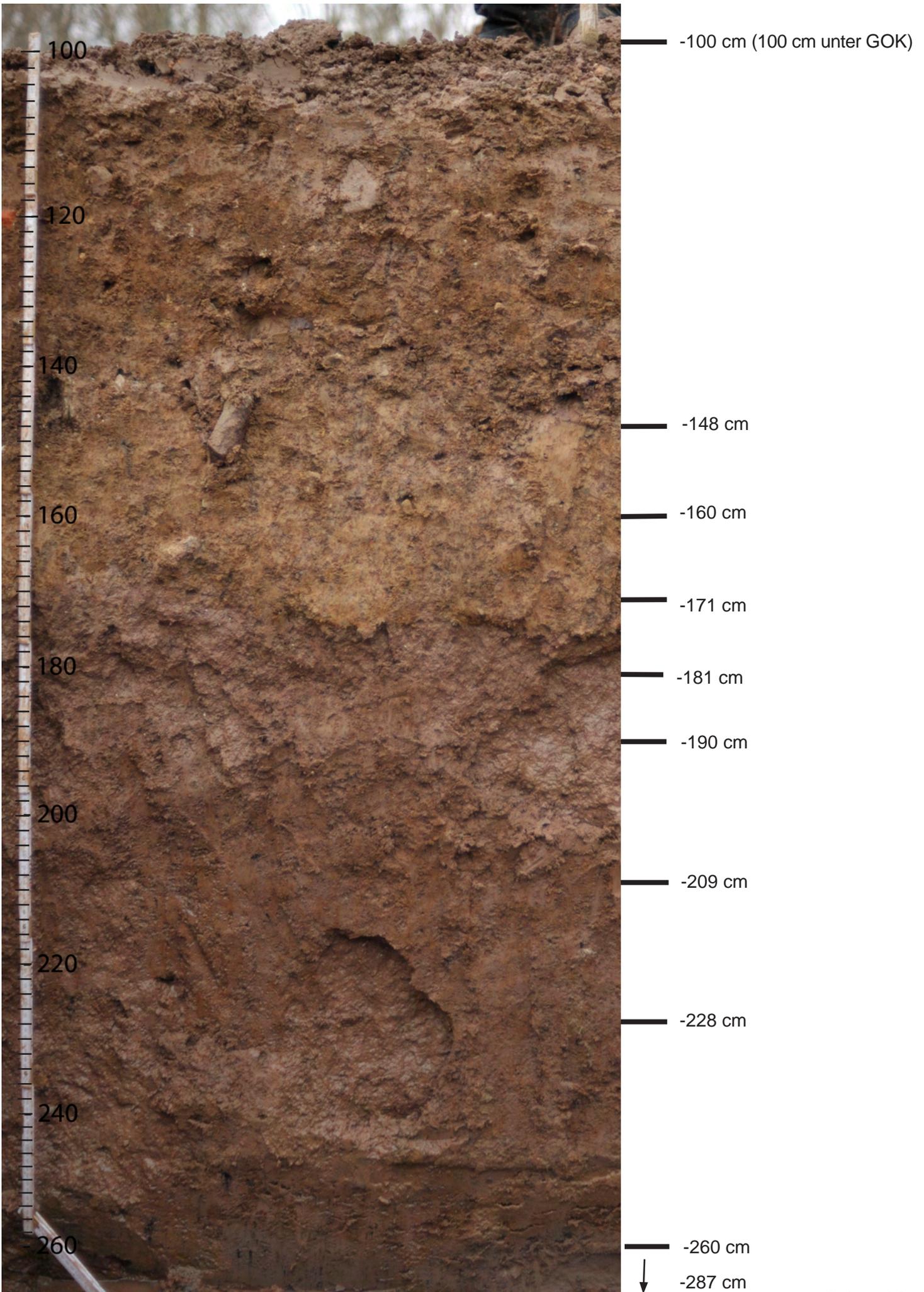
Landeskonservator

Regierungspräsidium Stuttgart

Landesamt für Denkmalpflege

dirk.krause@rps.bwl.de





Befunde mit Relevanz zur Einschätzung des Bodens als landschaftsgeschichtliche Urkunde

Holzkohle liegt aus 148, 190, 209 und 260 cm Tiefe vor. Aus 260 cm Tiefe stammt ein verkohltes Stück Holz (Makrofossil, s. Abb. A.5). Die Ergebnisse der C14-Datierungen sind im Frühjahr 2014 zu erwarten.

Bereich zwischen -100 und -148 cm

Die Tiefe zwischen -100 und -148 cm kann als ein Bodenhorizont (eine durch Bodenbildung überprägte Lage) betrachtet werden. Das Material erscheint als Mischung aus Keupertonen des Stuttgarter Talkessels und Lößanteilen vornehmlich von der Filderebene. Es weist anthropogene Beimengungen (z.B. Ziegel) auf.

Bereich zwischen -148 und -171 cm



Abb. B1: Schrägbild auf den horizontalen Aufschluss in 160 cm Tiefe mit einem Nebeinander von Löß und Keupermaterial



Abb. B2: Blick auf vom Bagger schräg freigelegte Wand, die Unterkante des Bildes liegt in 160 cm Tiefe (vgl. Abb. B1)

Abb. 1 (S. 2): Der Aufschluss (N 48°47'0.3" E 9°11'7.0") zeigt die Tiefe von 1 m bis 2,7 m. Die cm-Angaben rechts des Bildes geben Ebenen an, von denen Artefakte oder Holzkohle gewonnen wurden. Entsprechende Befunde werden hier schwerpunktmäßig dargestellt.

Befunde mit Relevanz zur Einschätzung des Bodens als kulturgeschichtliche Urkunde

Die kleine Sondage (ca. 2,5 x 2 x 1,90 m) wurde, unweit der Fundstelle eines „steinernen Kopfes“, unter der Berücksichtigung einer bestehenden Fernwärmleitung, in etwa 5 m Abstand umgesetzt. Die Keramikdatierungen wurden von Uwe Gross vom Landesdenkmalamt durchgeführt.

Substrat aus Keuper- und Lößanteilen in unterschiedlichen Gemengeanteilen mit einem gefleckten Erscheinungsbild. Darin treten neuzeitliche Einschlüsse wie Ziegelbruch auf. Dieses Niveau entspricht dem aktuellen Befahrungshorizont durch die Baumaschinen und könnte noch durch sie beeinträchtigt, d.h. verschmutzt sein.

Vorwiegend von Schilfsandsteinen, Ziegelbruch, Mörtelresten und neuzeitlicher Keramik geprägt. Dieses Substrat zeigt in allen vier Profilwänden eine leicht divergierende Mächtigkeit. Es ist anthropogen verursacht und hat in der jetzigen Situation mehr den Charakter einer Planierschicht oder eines Versturzfächers eines abgegangenen Gebäudes, als den eines Grubenbefundes.



Abb. A1: Neben schwarzen Holzkohleresten ist ein Mörtelrest (etwa 5 cm Kantenlänge) in 160 cm Tiefe an der vertikalen Profilwand zu erkennen

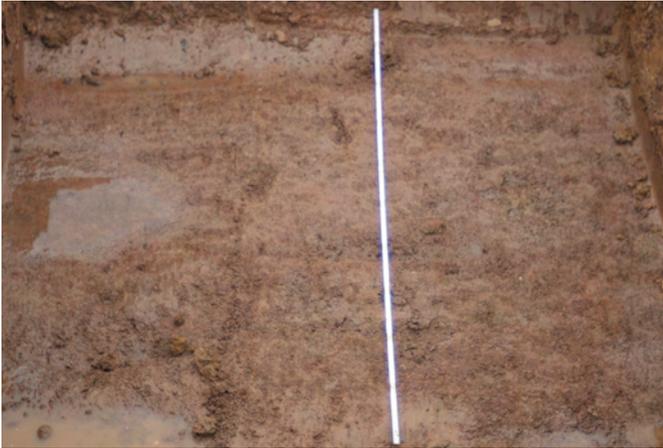


Abb. B3: Im ungestörten Keupermaterial in 170 cm Tiefe treten keine Ziegel und Bausteinreste auf, es wurden Schnecken und ein Keramikartefakt (vgl. Abb. A3) gefunden.

Die Tiefe zwischen 142 und 170 cm kann ebenso als ein Bodenhorizont betrachtet werden. Augenscheinlich tritt hier der Löß-Anteil in der Vertikalansicht (Abb. 1) den Vordergrund.

Im horizontalen Aufschluss bei etwa 160 cm Tiefe ist ein Nebeneinander von Löß und Keupertonen zu erkennen. Die Grenzen zwischen den Löß- und Keuperton-Kompartimenten zeichnen runde Formen nach. Es treten anthropogene Beimengungen auf (vgl. Spalte „Archäologie“). Demnach kann dieses Material beispielsweise mit Schaufeln von Hand aufgetragen sein. Dies kann im Zug von früheren Baumaßnahmen erfolgt sein, wie beispielsweise der Errichtung eines Schafstalls, der dann Anfang des 19. Jahrhunderts als Unterkunft für zum Arbeitseinsatz abkommandierten Gefangene diente.

Auf etwa 170 cm Tiefe lag ein großes Schilfsandsteinbruchstück, der auch als Baustein Verwendung gefunden haben könnte (s. Abb. A2).

Bereich zwischen -171 und -260 cm

Die Tiefe zwischen 170 und 260 cm kann als ein weiterer Bodenhorizont angesprochen werden. Hier dominieren die Keupertone. Rostflecken zeigen den Grundwasserschwankungsbereich an. Somit ist dieser Horizont bodenkundlich als Go (grundwasserbeeinflusster, sauerstoffreicher Horizont) anzusprechen. Es treten keine Ziegel auf. Da das Material in horizontaler Ausdehnung einheitlich erscheint und dennoch ein Artefakt gefunden wurde ist zu vermuten, dass es fluvial transportiert wurde.



Abb. A2: Schilfsandstein (etwa 40 cm max. Kantenlänge) aus 170 cm Tiefe

Bereich zwischen -171 und -285 cm

Aus archäologischer Sicht sind die folgenden Abtragstufen vom gleichen, einheitlichen Charakter. Die darin auftretenden Keramik-, Mollusken- und Holzkohleeinschlüsse finden sich nicht in differenzierbaren anthropogen verursachten Befunden, sondern sind eingebettet in die hier prägenden geogenen Keupersedimente. Damit sind die Funde verlagert und sekundär in den Boden eingebracht worden. Sie spiegeln somit die dynamischen Prozesse der Bodengenese in der Talaue wider. Neben dem Anstieg des Fundaufkommens mit wachsender Tiefe konnten aufgrund der zunehmenden Bodennässe auch botanische Makroreste aufgefunden werden.



Abb. A3: Weinbergschnecke und ein unglasiertes Keramikbruchstück aus dem 16. bis 19. Jahrhundert in 190 cm Tiefe



Abb. A4: Keramikbruchstücke in 209 cm Tiefe aus dem späten 15. bis zum 16. Jahrhundert. Das Stück links stammt von einem größeren Topf mit drei Füßen und tüllenartigem Griff, ev. zur Benutzung über Feuer. Die Schärfe der Bruchanten weist auf kurzen fluvialen Transportweg hin.

Bereich zwischen -260 und -270 cm

Die Tiefe zwischen 260 und 270 erscheint homogen. Das Material unterscheidet sich vom darüberliegenden nur durch seine graue Farbe, die in situ (also pedogen) entstanden sein könnte. Der Bodenhorizont zeigt demnach einen ständig grundwasserbeeinflussten und sauerstoffarmen Bereich an. Die Grenze zum darunterliegenden Bodenhorizont ist abrupt.



Abb. A5: Verkohltes Holzstück in 260 cm Tiefe

Bereich zwischen -270 und -287 cm

Das Material zwischen 270 und 275 cm Tiefe weist einen Sandanteil von etwa 85% auf. Bereits optisch ist für die Tiefe von 275 bis 280 cm relativ grobes Korn zu erkennen, der Sandanteil steigt auf etwa 95%. In 280 bis 287 Tiefe geht der Sandanteil wieder auf etwa 85% zurück. Der abrupte Wechsel von einem tonigen zu dem sandigen Horizont mit zahlreichen Artefakten, beide ohne Hinweis auf anthropogene Störungen, zeigt den fluvialen Ursprung dieser Ablagerungen an.



Abb. A6: Keramikbruchstücke in 287 cm Tiefe. Die unglasierten Teile (links) stammen aus dem 13. bis 15. Jahrhundert, die glasierten zwei Stücke (rechts oben) sind dem 15.-16. Jahrhundert zuzuordnen (auf der nächsten Seite fortgesetzt).

Von der letzten Seite fortgesetzt:

Ein Stück der unglasierten Scherben ist durch die Benutzung über Feuer reduziert und durchgehend grau gefärbt. Die schwach gerundeten Bruchkanten zeigen angesichts des weichen Brands eine geringe Transportstrecke im Bodenmaterial an. Die anderen unglasierten Stücke zeigen in der Matrix die Farbe des Tons, wurden also nicht direkt im Feuer benutzt. Die Stücke mit Innenglasur stammen von einer kornischen Schale die wohl als Nachtopf Verwendung fand. Auch dieses Material ist wenig verrollt und zeigt einen geringen Transportweg an.

Landschafts- und Kulturgeschichtliches Resümee

Der Aufschluss zeigt an, dass der Boden unterhalb von 1,9 m Tiefe ungestört und fluviatil abgelagert ist.

Die sehr gute Befundlage und insbesondere die über alle Tiefen in ausreichenden Mengen zu gewinnenden Holzkohlereste lassen eine detaillierte Rekonstruktion der Überflutungsdynamik des Nesenbachs zu. Durch das mit fortschreitender Tiefe über einen großen Zeitraum kontinuierlich zunehmende Alter der Sedimente ist eine sehr günstige Archivsituation gegeben.

Mit der (baubegleitenden) Untersuchung der Sedimente sind weitreichende Rückschlüsse zu Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsentwicklung Stuttgarts und den vielfach katastrophalen Überflutungen des Nesenbachs möglich. Diese Informationen werden Zeiten des sehr frühen Entwicklung Stuttgarts erschließen, für die keine Schriftbelege vorliegen.

Weiterhin wird so das Erkennen der Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen gegen Überflutungen in historischer Zeit und die Erfolge sowie Misserfolge der Maßnahmen rekonstruierbar.

Darüber hinaus lassen Schwermetallanalysen in dem Bodensedimenten detaillierte Rückschlüsse auf handwerkliche und industrielle Tätigkeiten zu und liefern Informationen zur Umweltbelastung früherer Zeitabschnitte. Entsprechende Untersuchungen können sowohl an baubegleitend gewonnenem Material als auch an Bohrkernen erfolgen.

Damit bestätigt sich die These, dass Artefakte aus dem frühen Stuttgart durch Überschwemmungen in den Mittleren Schlossgarten gelangt sind.

Durch die unbeobachtete und archäologisch nicht begleitete Abtragung der oberen Bodenschichten im Rahmen der Baumaßnahmen konnte der Fundkontext des Steinkopfs leider nicht mehr untersucht werden. Weitergehende Aufschlüsse über die Datierung oder die Funktion der Skulptur konnten somit nicht gewonnen werden. Allerdings spricht die Lage des Kopfes in den oberen Bodenschichten gegen eine Datierung ins Spätmittelalter bzw. die frühe Neuzeit.

Die Tatsache, dass sich Keramik des späten 15. und 16. Jh. zusammen mit hochmittelalterlichen Scherben bis in eine Tiefe von 290 cm nachweisen ließen, beweist die enormen Veränderungen der Siedlungslandschaft im Stuttgarter Talkessel im Laufe der letzten 500 Jahre. Die Befunde werfen damit ein ganz neues Licht auf die Siedel- und Lebenssituation im spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen Stuttgart, die offensichtlich viel stärker von Hochwasserereignissen und vom Nesenbach geprägt waren, als bisher angenommen.