

Diploma Thesis

Wine Cellar Pipes beneath Roads

Discovery, Evaluation, Securing

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Kellerröhren unter Straßen

Entdecken, Beurteilen, Sichern

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Victoria Rieder

Matr.Nr.: 01426362

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Andreas Kolbitsch**

Mag. phil. **Barbara Bucher**

Institut für Institut für Hochbau, Baudynamik und Gebäudetechnik
Forschungsbereich Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/208-02, A-1040 Wien

Kurzfassung

Das Weinviertel ist bekannt für seine Vielzahl an Kellergassen. Weniger bekannt ist die Tatsache, dass einige der Keller auch entlang von Straßen liegen und diese unterirdisch queren. Durch verschiedene Mechanismen kann es zum Versagen dieser Keller kommen, wodurch die Straße beschädigt wird und die Benutzer und Benutzerinnen gefährdet werden. Besonders problematisch ist es, wenn nicht bekannt ist, dass sich unter der Straße ein Hohlraum befindet, da das Versagen dann meist schlagartig und unerwartet auftritt.

Ziel dieser Arbeit ist es daher im ersten Schritt eine Methode zu finden, mit welcher Kellerröhren oder ähnliche Hohlräume unter Straßen detektiert werden können. Dazu wurden bereits durchgeführte Versuche der NÖ Straßenbauabteilung Wolkersdorf ausgewertet. Auf Basis dieser Versuche, sowie einer detaillierten Literaturrecherche, wurde ein weiterer Versuch mit einem 3D-Step-Frequency-Radar auf der L3031 bei Martinsdorf umgesetzt.

Die zweite Fragestellung dieser Arbeit betrifft das Tragverhalten der Kellerröhren. Dazu wird zunächst der sehr häufig in Weinbaugebieten anzutreffende Löss analysiert und die beobachteten Versagensmechanismen mit seinen Eigenschaften in Verbindung gebracht. Die üblichen Bauformen von Kellern im Weinviertel werden beschrieben und auf die Tragwirkung der Mauergewölbe eingegangen. Außerdem werden aktuelle Normen in Bezug auf ihre Anwendbarkeit auf Kellerröhren überprüft und eine mögliche Nachweisführung vorgeschlagen. Ergänzend zur statischen Überprüfung besonders gefährdeter Keller wird auch die regelmäßige Begehung der Keller durch ihre Eigentümer/Eigentümerinnen angedacht. Den Abschluss dieses Kapitels bilden Fallbeispiele für das Versagen von Kellern.

Sind bereits Schäden an einer Kellerröhre aufgetreten, kann je nach Situation eine Verfüllung des Hohlraums oder eine Sanierung durchgeführt werden. Im letzten Teil der Diplomarbeit werden diese beiden Möglichkeiten genauer beschrieben und auch auf die Situation denkmalgeschützter Keller genauer eingegangen.

Abstract

The Lower Austrian region Weinviertel is well-known for its so-called Kellergassen (cellar pipes). The fact, that some of these wine cellars are located along roads and also cross them below is less known. These cellars can collapse due to different failure mechanisms, which does not only damage the road, but also puts people in danger. Hidden cellars are especially problematic, which cannot be monitored, because then failure occurs unforeseeably und abruptly.

The primary goal of this diploma thesis is to find a method for detecting wine cellar pipes and similar hollow spaces beneath roads. Therefore, prior experiments of Straßenbauabteilung Wolkersdorf (road maintenance agency) were evaluated. Based on these experiments and detailed literature research another experiment was carried out, using a 3D-step-frequency-ground penetrating radar on L3031 near Martinsdorf.

In a second step, this diploma thesis examines the structural system of cellar pipes. Loess is the prevalent sediment in the Weinviertel region, so this type of soil is analysed precisely and its characteristics are linked to the observed failure mechanisms. The common structural systems of wine cellar pipes are described and the load-carrying action of vaulted brickwork and cellar pipes without vaulted finishing is analyzed. Additionally, the practicality of current engineering standards is reviewed and a method for structural analysis is suggested for cellars at risk. Regular inspection of the cellar pipes by their owners is recommended for less endangered objects. A collection of case examples concludes this part.

When the damage of a cellar has already appeared, it depends on the situation if the reconstruction of the vault is possible or if the hollow space must be backfilled. In the final part of this diploma thesis both options are described in detail, and consideration is given to listed objects.



Danksagung

Mein Dank gilt den vielen Menschen, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit eine Hilfe waren.

Insbesondere

Dr. Andreas Kolbitsch, der offen war für die Betreuung dieser Arbeit und mich bei der Recherche unterstützt hat.

Mag. Barbara Bucher, die mir ebenfalls bei der Literaturrecherche geholfen hat und mich während der ganzen Erstellung der Arbeit begleitet hat.

Frau DI Nikola Kopitz, die mir die Bearbeitung des Themas in Zusammenarbeit mit der NÖ Straßenbauabteilung Wolkersdorf ermöglicht hat.

Allen Kollegen bei der Straßenbauabteilung und den Straßenmeistereien, die mir mit ihren Erfahrungen und ihrer Ortskunde behilflich waren.

DI Michael Pregesbauer und Mario Rathmanner, die ihre Zeit für die Messung in Martinsdorf geopfert haben.

Dr. Gerold Eßer und Dr. Martin Krenn vom Bundesdenkmalamt, die mir geholfen haben, die Verbindung zur Archäologie und zum Denkmalschutz zu suchen sowie Mag. Thomas Hofmann von der Geologischen Bundesanstalt, der mir mit Kartenmaterial und Literatur zum Löss helfen konnte.

Johannes Rieder, der mir mit seinem Fachwissen über die Weinviertler Kultur- und Baugeschichte und bei der Kontaktsuche geholfen hat.

Meiner Familie und allen Verwandten, die beim Wort Keller hellhörig wurden, mir den Familienkeller zur Verfügung gestellt haben und mir die unterschiedlichsten Kontakte, Fotos und Informationen gebracht haben.

Meinem besten Freund und Partner, der nicht nur meine Zeit entbehren musste und mein erster Korrekturleser war, sondern auch das ganze Studium über meine wichtigste Stütze war, ohne die ich es nie bis zu dieser Arbeit geschafft hätte.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	8
1.1 Motivation.....	8
1.2 Aufbau der Arbeit	9
1.3 Das Weinviertel.....	11
1.3.1 Geologie	11
1.3.2 Geschichtlicher Rückblick	14
1.3.3 Das Weinviertel heute.....	17
2 Untergrunderkundung	20
2.1 Anforderungen an die Untergrunderkundung	22
2.2 Überblick über potentielle Untersuchungsmethoden	23
2.2.1 Geoelektrik.....	23
2.2.2 Bodenradar.....	24
2.2.3 Radiometrie.....	25
2.3 Die Martinsdorfer Kellergasse	26
2.3.1 Vorgeschichte zu den Messungen	26
2.3.2 Lage und Beschreibung.....	27
2.3.3 Versuchshistorie	27
2.3.4 Versuch März 2020.....	30
3 Lastabtragung der Kellerröhren	36
3.1 Notwendigkeit & Verantwortung.....	36
3.2 Aktueller Stand der Normung	40
3.3 Besonderheiten von Löss und Lösslehm.....	42
3.4 Bauformen und Lastabtragungsverhalten von Kellerröhren.....	49
3.4.1 Keller ohne Ausbau	49
3.4.2 Keller mit Gewölbe	50
3.4.3 Beobachtungen zu Versagensmechanismen.....	52
3.5 Einzelfallbeurteilung mittels Finite Elemente Berechnung.....	56
3.6 Monitoring als Lösung für nicht akut gefährdete Keller	58
4 Handlungsoptionen im Schadensfall	60
4.1 Früherkennung von Schäden.....	60
4.2 Keller im Denkmalschutz	61
4.2.1 Aktuelle Situation.....	62
4.2.2 Folgen einer Unterschutzstellung	63
4.3 Gebäudegerechte Sanierung.....	64
4.4 Verfüllen von Kellerröhren	66
4.4.1 Anforderungen an die Verfüllung	66
4.4.2 Selbstverdichtendes Verfüllmaterial.....	67
5 Resümee	70
Literaturverzeichnis	71
Abbildungsverzeichnis	76
Anhang.....	79



Abbildung 1: Keller entlang der L3052 bei Watzelsdorf, eigene Abbildung



Abbildung 2: Kellereinsturz in Wultendorf,
Quelle: NÖ Straßendienst

1 Einleitung

1.1 Motivation

Am Freitag, den 17. März 2017, kam es während Arbeiten der Straßenmeisterei Laa an der Thaya zu einem Unfall in der Kellergasse von Wultendorf. Auf die Bitte eines ortsansässigen Kellerbesitzers hin sollte ein Sondierschlitz neben der Straße hergestellt werden. Der Herr hatte bemerkt, dass der Quergang zu seiner zweiten Kellerröhre verschüttet worden war und wollte daher wissen, in welchem Zustand sich diese zweite Röhre befand. Der Aushub wurde auf einen LKW des NÖ Straßendienst geladen, welcher zu diesem Zeitpunkt am rechten Fahrbahnrand der L20 abgestellt war. Ohne merkbare Vorankündigung sackte plötzlich die Straße unter der Hinterachse des LKWs weg, sodass das linke Hinterrad des Fahrzeugs zur Gänze in einem Loch verschwand.

Eine darunterliegende Kellerröhre war eingestürzt, verletzt wurde dabei glücklicherweise niemand. In weiterer Folge wurde die Straße gesperrt und das

Loch nach der Bergung des LKW gesichert. Bis die Straße wieder für den Verkehr freigegeben werden konnte, vergingen einige Wochen (Kaufmann 2017).

Dieses Ereignis war für mich als Autorin ausschlaggebend um mich näher mit dem Thema zu befassen. Da sich der eingestürzte Keller nur wenige Kilometer von meinem Elternhaus entfernt befindet, stellte ich mir viele Fragen: Wie kann es dazu kommen, dass eine Straße, die sich augenscheinlich in einem guten Zustand befindet, einstürzt? In welchem Zustand war der Keller? Hätte man den Schaden verhindern können? Und vor allem, was bedeutet das für die anderen Keller, von denen es im Weinviertel noch so viele gibt?

Bei dem Einsturz in Wultendorf handelt es sich nicht um einen Einzelfall. In ganz Niederösterreich gibt es ca. 37.000 Weinkeller, die sich zum Teil in desolatem Zustand befinden (Schmidbaur 1990). Wie viele Keller genau pro Jahr einstürzen, kann jedoch nicht festgestellt werden, da sich viele Kellerröhren unter landwirtschaftlich genutzten Flächen befinden. Gibt dort ein Keller unter der Last des eingesetzten Geräts nach, so machen das üblicherweise Grund- und Kellerbesitzer/-besitzerinnen unter sich aus (Berthold 2020). Daher werden nur solche Fälle dokumentiert, die sich auf öffentlichem Grund ereignen. Eine weitere Ursache der Schwierigkeit Zahlen zu nennen liegt darin, dass die Straßen mit Weinkellern in unterschiedlichen Verwaltungsbereichen liegen und daher nicht zentral an einem Ort gesammelt dokumentiert werden (NÖ Straßengesetz 1999). Bei kleineren Schäden,

wie Setzungsmulden, wird der Schaden häufig auch ohne gesonderte Dokumentation im Zuge der Instandhaltung vom Straßendienst behoben. Größere, dokumentierte Schäden an Straßen im Gebiet der Straßenbauabteilung Wolkersdorf gab es zum Beispiel 2015 in Stronsdorf (Schwendenwein 2015), 2016 in Martinsdorf (Berthold 2020) und 2017 in Wultendorf (Kaufmann 2017). Dazu kommen noch Vorfälle auf unterkellerten Gemeindestraßen, wie 2015 in Poysdorf (I&K GesmbH 2015), 2012 in Groß Kadolz (ORF NOE 2012) oder 2014 in Klein Harras (Mauritsch 2014).

Die Erhaltung der niederösterreichischen Straßen liegt ebenso im Interesse der NÖ Landesstraßenverwaltung, wie auch die Sicherheit der Straßenbenutzer/Straßenbenutzerinnen. Als Maßnahmen wurden bei mehreren Kellergassen Geschwindigkeits- und Gewichtbeschränkungen angeordnet, außerdem wurden einzelne Keller von externen Gutachtern in ihrer Standfestigkeit überprüft. Neben den Kellern in Kellergassen gibt es außerdem noch alleinstehende Keller, solche von Wohnhäusern innerhalb der Dörfer (Schwendenwein 2015) und Keller zum Einlagern von Gemüse und Obst, die Verkehrswege queren. Aufgrund der großen Anzahl an Kellieranlagen ist eine rechnerische Prüfung aller Objekte kaum umsetzbar oder sinnvoll, außerdem gibt es einige Keller, die nicht überprüft werden können, da deren Zugang zerstört wurde oder nicht mehr erkennbar ist. Aus dieser Problematik heraus ist diese

Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit der NÖ Landesstraßenverwaltung entstanden. Die Inhalte der Arbeit sollen sowohl zum besseren Verständnis der Thematik dienen, als auch Lösungsansätze für die Zukunft bieten.

Nachfolgend wird näher auf den Aufbau der Arbeit eingegangen.



Abbildung 3: Keller entlang der L20 bei Altenmarkt, eigene Abbildung

1.2 Aufbau der Arbeit

Zunächst soll im Kapitel 1.3 ein Einstieg in die Thematik geboten werden, indem die Region Weinviertel in ihrer Geschichte, Kultur und Geologie näher beschrieben wird. Der fruchtbare Boden und das milde Klima in der Weinregion bilden die Grundlage für den Weinbau, wie er in diesem Ausmaß in keinem anderen Gebiet in Österreich vorkommt. Obwohl es auch entlang der Donau, im Burgenland und der Südsteiermark nennenswerte Weinbestände gibt (Anwander 2002), sind nur im Weinviertel die typischen Kellergassen entstanden (Schmidbauer 2020). Sie prägen die Kultur und das Ortsbild der Gegend

noch heute, obwohl nur noch ein geringer Anteil der Bevölkerung vom Weinbau lebt (Eßer 2020 S.22). Nach diesem Einstieg in das Thema wird der Fokus der Arbeit auf die eigentliche Problemstellung der unter Straßen befindlichen Keller gelenkt.

Das Kapitel 2 behandelt die Fragestellung, wie bei den vorherrschenden Untergrundverhältnissen Kellerröhren unter Straßen detektiert werden können, da von unerkannten Kellern stets eine Gefahr ausgeht, weil sie nicht begangen und überprüft werden können. Nachdem die Anforderungen an die Untersuchungsmethode erläutert wurden, wird ein Überblick über potentielle Untersuchungsmethoden inklusive ihrer Stärken und Schwächen gegeben. In der Kellergasse von Martinsdorf wurden bereits 2015 einige Methoden getestet. Nach einer Zusammenfassung der bisherigen Erkenntnisse wird näher auf den neuesten Versuch eingegangen, der im Zuge dieser Arbeit durchgeführt werden konnte.

Im dritten Kapitel wird das Tragverhalten der unterirdischen Kellerröhren analysiert. Zum Einstieg wird die Frage gestellt, wann die Standfestigkeit eines Kellers geprüft werden muss und wer die Verantwortung trägt, wenn ein Keller unter einer Straße einbricht. Danach soll kurz auf die aktuelle Normenlage zu dem Thema eingegangen werden. Um das Tragverhalten der unterirdischen Gänge zu verstehen, ist es essentiell, auch die Besonderheiten von Löss und Lehm zu behandeln. Nach einer kurzen Beschreibung der im Weinviertel am häufigsten auftretenden Bauformen und

ihrem Lastabtragungsverhalten werden Beobachtungen zu Versagensmechanismen beschrieben und mögliche Zusammenhänge erläutert. Den Abschluss dieses Kapitels bilden Vorschläge zur rechnerischen Beurteilung der Standfestigkeit im Einzelfall, sowie für eigenverantwortliches Monitoring der Keller durch ihre Besitzer/Besitzerinnen.



Abbildung 4: Einbruchstelle neben dem Sondierschlitz in Wultendorf. Quelle: NÖ Straßendienst

Das letzte Kapitel widmet sich den Handlungsmöglichkeiten, wenn ein beginnender Schaden an der Oberfläche oder in der Kellerröhre bemerkt wird. Nachdem in Niederösterreich einzelne Kellergassen unter Denkmalschutz stehen, wird hier auch auf eine denkmalgerechte Sanierung hingewiesen. Steht die Kellergasse nicht unter Denkmalschutz, besteht neben einer Sanierung auch die Möglichkeit, den Hohlraum zu verfüllen. Nachdem beschrieben wurde, welche Anforderungen ein geeignetes Verfüllmaterial zu erfüllen hat, wird ein Beispiel für ein solches Material genannt. Den Abschluss der Arbeit bildet das Resümee mit Zukunftsausblick.

1.3 Das Weinviertel

Um zu verstehen, warum sich heute vor allem im Weinviertel viele Keller entlang von Straßen befinden und damit deren Nutzungs- und Standsicherheit gefährden, muss man sich mit der Entstehung dieser Kulturlandschaft befassen. Durch die besonderen geologischen und klimatischen Gegebenheiten konnte sich der Weinbau als wichtiger Wirtschaftszweig entwickeln und prägt auch heute noch die Gegend. Wie sehr der Boden Einfluss auf die heutigen Bestandsbauwerke hat, wird nachfolgend gezeigt.

1.3.1 Geologie

Die in Abbildung 5 auf Seite 12 dargestellte Webansicht von Niederösterreich im Map Viewer der Geologischen Bundesanstalt dient einer besseren Übersicht. Gut erkennbar ist darin, dass das Weinviertel als nordöstlicher Teil von Niederösterreich (rot umkreist) von drei geologischen Zonen geprägt wird: der Molassezone im Westen (hellgelb), der Waschbergzone (dunkelgelb) und dem Wiener Becken und Randbecken im Osten (mittleres gelb). Die geologische Beschreibung wurde auf Basis von Wessely 2006 S.41 ff., 69 ff., 189 ff. erstellt.

Der Weinviertler Anteil der Molassezone reicht von Tulln im Süden bis nach Laa an der Thaya im Norden. Sie bezeichnet einen mit Zersetzungsprodukten der Alpen und der Böhmisches Masse verfüllten, ehemaligen Meeresbereich, dessen Breite im Weinviertel von etwa 10-30 km variiert. Aufgrund der ehemaligen marinen

Umgebung können bereichsweise Muscheln, Korallen und Fossilien von Fischen und anderen Meeresbewohnern gefunden werden, ansonsten ist diese Gegend durch wechselnde Lagen an Mergeln, Sandsteinen, Konglomeraten und unverfestigten Sedimenten geprägt. Auch Kohleablagerungen sind in bestimmten Bereichen zu finden. Neben dem Abbau von Sanden und Kiesen wurde dieses Gebiet auch für die Gewinnung von Tonmergeln für die Ziegelherstellung genutzt.

Abgetrennt wird die Molassezone vom Wiener Becken durch die Waschbergzone, was in Abbildung 5 sehr gut erkennbar ist. Sie stellt einen Streifen des alpin-karpatischen Deckenstapels dar und besteht größtenteils aus älteren, zusammengeschobenen Molasseschichten. Bei den Verschiebungen wurden auch Gesteinspakete aus dem autochthonen Mesozoikum abgeschoben, diese ragen in Form von Klippen aus der Landschaft (dargestellt als lila Flecken im dunkelgelben Streifen). Diese Kalkklippen reichen vom namensgebenden Waschberg über den Buschberg, die Staatzer Kalkklippe und die Falkensteiner Klippe bis zu den Polauer Bergen in der Tschechischen Republik.

Östlich dieser natürlichen Grenze befindet sich das Wiener Becken. Als Wiener Becken bezeichnet man die rund 200 km lange und bis zu 50 km breite Einsenkung, die sich über Wien ins nord-östliche Niederösterreich erstreckt und sich in der Tschechischen Republik, sowie in der Slowakei fortsetzt.

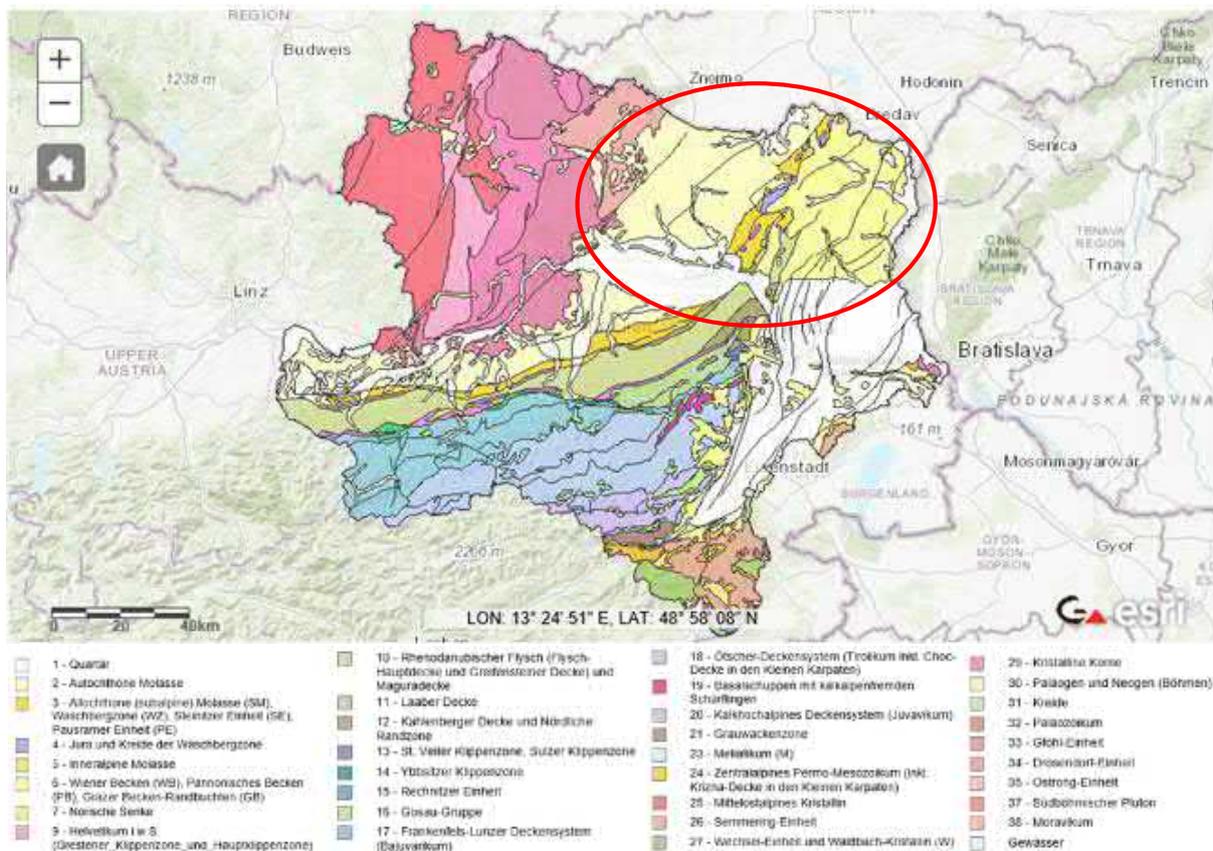


Abbildung 5: Webansicht und Legende von Niederösterreich im Map Viewer der Geologischen Bundesanstalt mit eigener Markierung, Quelle: Gis GBA Map Viewer, aufgerufen unter https://gisgba.geologie.ac.at/gbaviewer/?url=https://gisgba.geologie.ac.at/arcgis/rest/services/KM200/AT_GBA_KM200_NIED_GE/MapServer, mit freundlicher Genehmigung der Geologischen Bundesanstalt

Durch die vorhandenen Sedimente kann darauf geschlossen werden, dass es in der Vergangenheit in dieser Gegend einen Wechsel von einem tropischen Meeresgebiet zu einem seichtem Fluss- und Auengebiet gab. Durch Schwankungen im Wasserspiegel sind die heute charakteristischen Sedimentschichtungen entstanden. Geprägt wird das Gesamtbild von variierenden Sand und Tonlagen, die sich in ihrer Mächtigkeit und dem Verdichtungsgrad unterscheiden. Ähnlich wie die Molassezone weist auch die Entwicklungsgeschichte des Wiener Beckens Phasen auf, in denen es einer tropischen Sumpflandschaft geähnelt haben könnte.

Fossilienfunde zeigen, dass es eine reiche Fauna gegeben hat, die elefantenähnliche Säugetiere, Urpferde und auch große Raubkatzen umfasste.

Wie in Abbildung 6 auf Seite 13 erkennbar ist, sind im Weinviertel die älteren Bodenschichten zum Teil von einer Löss- oder Lösslehmschicht überzogen, deren Mächtigkeit von einigen Zentimetern bis zu 40 m variieren kann. Mehr als die Hälfte aller Weinriede befinden sich auf Lössboden, da dieser die optimalen Bedingungen für den Weinbau liefert.

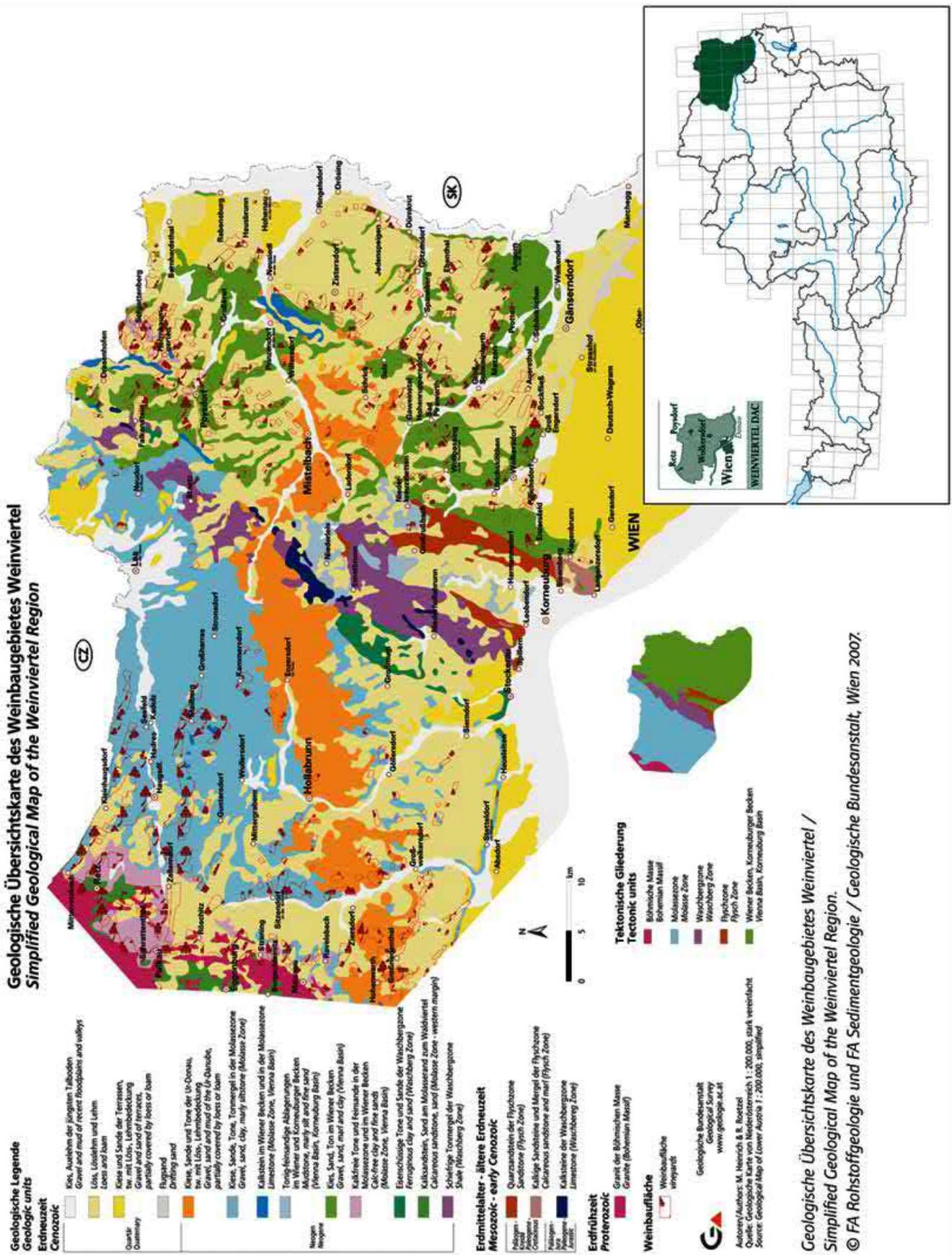


Abbildung 6: Geologische Übersichtskarte des Weinbaugesbietes Weinviertel, mit freundlicher Genehmigung der Geologischen Bundesanstalt

Als Löss wird ein äolisches Abtragungssediment bezeichnet, das eine spezielle, wenig abweichende Körnungslinie besitzt, immer kalkhaltig ist und großteils aus Quarzstaub besteht (Ottner 2020 S.210f.). Grundsätzlich handelt es sich dabei um ein ungeschichtetes, homogenes und unverfestigtes Sediment, welches dennoch bei entsprechendem Wassergehalt standfest ist (Gorhan 1967 S. 405 f.). Häufig wurde diese Standfestigkeit auch beim Bau von Weinkellern genutzt und die unterirdischen Kellerröhren wurden nicht immer mit einem Gewölbe ausgemauert. Löss weist im erdfeuchten Zustand eine hellbraune, im trockenen Zustand eine gelbliche Farbe auf und ist porös. Durch den hohen Mineralanteil, die gute Bearbeitbarkeit und die gute Drainagefähigkeit eignet sich der Lössboden ideal zum Ackerbau und Weinbau. Obwohl er als wasserdurchlässig gilt, kann der Boden auch gut Wasser speichern und liefert durch seine Korngröße für Pflanzen gut aufnehmbare Mikronährstoffe. Die lössreichen Gegenden Österreichs sind dank ihrer Fruchtbarkeit bereits seit der Steinzeit durchgehend besiedelt. Durch Verwitterung von Löss entsteht Mergel oder Lösslehm, letzterer weist einen geringeren Kalkgehalt auf und lagert oft oberhalb des eigentlichen Löss (Gorhan 1967 S.406). Weitere Informationen zu den bautechnischen Eigenschaften von Löss und dessen Bedeutung als Baugrund bzw. Baustoff für Kellerröhren sind im 3. Kapitel zu finden.



Abbildung 7: In den Löss gegrabene Gänge bleiben auch ohne Ausbau standfest, eigene Abbildung

1.3.2 Geschichtlicher Rückblick

Nach der Eroberung des Großmährischen Reiches durch die Ungarn um 900 n.Chr. wurde das Gebiet im heutigen nördlichen Niederösterreich vermutlich erstmals dauerhaft und flächendeckend besiedelt. In etwa ab der Jahrtausendwende liegen Dokumente und Urkunden vor, welche die Belehnung und Schenkung von Grund in der Gegend bezeugen. Von einer geplanten und gezielten Ansiedelung kann aber wohl erst 100 bis 200 Jahre später gesprochen werden (Mötz 2019 S.39).

Im Rahmen dieser gezielten Besiedelung oder Kolonisation entstanden die heute noch im Kern vorhandenen Dorfformen, wie das Angerdorf oder das Straßendorf. Die Siedler, welche der mit dem Land belehene Grundherr üblicherweise mitbrachte, erhielten alle in etwa gleich große Flächen zum Siedelungszweck und zur landwirtschaftlichen Nutzung. Der Anbau auf den Feldern war in der Dreifelderwirtschaft vorgegeben, es mussten Abgaben in Form von Lebensmitteln und Arbeitsleistung an den Grundherren

abgetreten werden (Mötz 2019 S.42). Der Weinbau erlebte im Laufe der Neuzeit Höhen und Tiefen und war zumeist stark davon abhängig, wie die Wirtschaftslage im Land sich entwickelte. Wein galt als Luxusgut und so war die Nachfrage nur gegeben, wenn der bürgerliche Wohlstand entsprechend florierte und die Wirtschaft nicht durch Kriege geschwächt war (Schmidbauer 2020 S.73ff.). Als besitzloser Bauer konnte man damals seinen Stand kaum verlassen oder zu mehr Wohlstand gelangen, auch der Ankauf von Land war nahezu unmöglich. Daher waren auch die meisten Presshäuser, die aus dem 18. Jahrhundert oder noch früheren Zeiten stammen, in Besitz geistlicher oder weltlicher Grundherren. Erst die Reformen von Maria Theresia (reg. 1740-1780) und ihrem Sohn Joseph II. (reg. 1765-1790) gaben den Bauern mehr Freiheit in ihrem Handeln durch die Aufhebung der Leibeigenschaft (Fries/ Gerstenbauer/ Salzer 2020 S. 80). In etwa aus dieser Zeit stammen auch die ersten Darstellungen von der beginnenden Entwicklung der Kellergassen im Weinviertel, wie beispielsweise die topographischen Ansichten der Ämter und Pfarren des Benediktinerstiftes Melk zeigen (Eßer 2020 S.26). Historischen Karten wie der Josephinischen Landesaufnahme (aufgenommen 1773-1781) oder der Franziszeischen Landesaufnahme (aufgenommen 1809-1818), sowie dem Franziszeischen Kataster (aufgenommen in Niederösterreich und Wien 1817-1824) können ebenfalls Belege für Kellergassen entnommen werden. So findet man beispielsweise in der Josephinischen

Landesaufnahme bereits die Kellergasse „Bürsting“ oder auch die Keller am Galgenberg bei Wildendürnbach (Abbildung 8). Die hier erwähnten historischen Karten wurden auf mapire.eu, einer öffentlich einsehbaren Online-Sammlung verschiedener europäischer Karten, aufgerufen. Die Seite entstand unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Staatsarchiv, dem Ungarischen Nationalarchiv, der Regierung der Stadt Budapest und dem Kroatischen Nationalarchiv.



Abbildung 8: Vergleich der Keller bei Wildendürnbach heute mit der Josephinischen Landesaufnahme; Quelle: www.mapire.eu

Anhand der historischen Karten können die Entwicklungen der Kellergassen im Zeitraum von 1773 bis 1887 gut nachvollzogen werden. Man erkennt, dass ab der Mitte des 19. Jahrhunderts die Zahl der Keller noch einmal stark anstieg und ab der Franzisco-Josephinischen Landesaufnahme (1869-1887) in etwa das heutige Ausmaß erreicht. Begründen kann man diesen Anstieg mit der Aufhebung der Grundherrschaft im Jahr 1848, wodurch die Bauern nun den rentablen Wirtschaftszweig des Weinbaus besser ausnutzen konnten (Fries/ Gerstenbauer/ Salzer 2020 S. 80). Ab dieser Zeit entspricht die Anzahl der Weinkeller je Dorf annähernd der Zahl der Bauernhäuser und erreicht damit in etwa das heutige Ausmaß. Manche Orte, wie Poysdorf oder Retz entwickelten sich im Laufe der Zeit zu richtigen Weinbau-Städten, die auch heute noch für ihren Wein und ihre Heurigen bekannt sind. In anderen Orten wurden die Weingärten vollständig in Felder umgewandelt und nicht ein einziger Bauer im Ort lebt mehr vom Weinbau. Diese unterschiedlichen Entwicklungen haben sicherlich auch ihre Ursache in der industriellen Revolution, in deren Folge sich die Landwirtschaft von der kleinbäuerlichen Bewirtschaftung hin zur maschinellen Bestellung großer Flächen durch einige wenige Bauern veränderte und viele ehemalige Bauern anderen Berufen nachgingen (Mötz 2019 S. 65 ff.). Die größten Veränderungen in dem Bereich gab es in der Mitte des letzten Jahrhunderts, zu dieser Zeit des Umbruchs wurden kaum neue Presshäuser errichtet. Nicht nur das Ortsbild der Dörfer änderte sich durch das

Erschließen neuer Siedlungen, sondern auch die Lebensweise der Landbevölkerung, die nun immer öfter ihrer Arbeit in der Stadt nachging. Wer vom Weinbau lebte, musste eine angemessene Produktionsstätte bauen, die kleinen Presshäuser in den Kellergassen verloren zunehmend ihren Zweck. Einige Presshäuser wurden zu Wohnhäusern umgebaut und sind heute nicht mehr wiederzuerkennen. Andere verfielen durch mangelnde Instandhaltung, wodurch sich die heute sehr unterschiedlichen Bilder der Kellergassen ergeben (Eßer 2020 S.22ff.). Dennoch konnten auch einige sehr alte Gebäude bewahrt werden. Zeugnis vom Alter der Bauten liefern an den Kellern angebrachte Schriftzüge und Tafeln mit der Jahreszahl des Baujahres (Schmidbaur 2020 S. 75).

Ähnlich alt sind möglicherweise auch die heute noch vorhandenen Lagerkeller, die früher zum Einlagern von Obst und Gemüse genutzt wurden. Solche Keller gibt es auch in Gegenden, in denen kein Weinbau betrieben wird, wie dem Waldviertel. Diese Keller besitzen kein Presshaus und haben zumeist deutlich kürzere Röhren als typische Weinkeller. In manchen Dörfern gibt es auch Kellerröhren, die zwischen den Häusern ein richtiges Labyrinth in mehreren Etagen bilden und zu einem großen Teil stillgelegt sind. Diese Gänge sind jedoch zu wenig erforscht um genaueres über deren Alter sagen zu können (Schwendenwein 2015). Auch diese Kellerarten sind für die Sicherheit der darüber verlaufenden Straßen relevant.

1.3.3 Das Weinviertel heute

Bevor nun Aussagen über die heutige Kultur im Weinviertel getätigt werden, wovon sich manches auf ganz Niederösterreich übertragen lässt, soll noch die Bedeutung des Wortes Kultur an sich geklärt werden. Im Duden findet man die folgende Definition für Kultur: „Gesamtheit der geistigen, künstlerischen, gestaltenden Leistungen einer Gemeinschaft als Ausdruck menschlicher Höherentwicklung“ (Duden Online 2020) Die Kultur in einem Gebiet zeichnet sich also aus durch die Leistungen der dort lebenden Menschen, seien sie wirtschaftlicher, künstlerischer, baulicher, geistiger oder anderer Natur. Dabei spielen sicherlich auch die vergangenen, jedoch immer noch merkbaren Leistungen vorhergehender Generationen eine Rolle. Diese müssen also miteinbezogen werden, wenn über die heutige Kultur dieses Gebietes gesprochen werden soll.

Während in der Mitte des 19. Jahrhunderts, zu Beginn der industriellen Revolution, noch rund 90% der Österreicher/Österreicherinnen in der Landwirtschaft beschäftigt waren (Schmid 2008 S.18), so waren es 2019 nur mehr rund 3,7% der Erwerbstätigen Österreicher/Österreicherinnen (Statista 2020).

Es gab also einen sehr großen Umschwung, der innerhalb von rund 150 Jahren aus einer hauptsächlich kleinbäuerlich geprägten Kultur etwas Neues machte, wobei der größte Teil dieser Veränderung in der Mitte des 20. Jahrhunderts geschah (Schmid 2008 S.18). Dieser Wandel machte auch vor dem

Weinviertel nicht Halt. Doch was ist heute das Essentielle, Identitätsstiftende am Weinviertel?

Zum einen spielt sicherlich die immer noch von Bewirtschaftung geprägte Landschaft, in der sich Felder und Weingärten an sanfte Hügel schmiegen, eine wichtige Rolle. Aufgrund der veränderten Berufsverteilung identifiziert man sich heute aber wohl eher weniger mit dem Beruf des Landwirts. Vielmehr scheint die individuelle Lebens- und Freizeitgestaltung in den Mittelpunkt zu rücken. In Vereinen finden sich Menschen mit den gleichen Interessen. Zumindest bis 2018 stieg die Anzahl der Vereinsgründungen in Österreich noch an (Yeoh/ Matzenberger 2019). Neben Sport- und Musikvereinen gibt es auch eine nicht zu verachtende Anzahl an Vereinen, die sich mit dem Erhalt und der Verschönerung des Ortsbildes befassen. Zum Ortsbild einer typischen Weinviertler Ortschaft gehört häufig auch eine Kellergasse, daher ist es auch nicht verwunderlich, dass auch Vereine entstanden sind, die sich der Pflege und Erneuerung der Keller widmen. Diese und andere Gemeinschaften organisieren auch immer wieder Veranstaltungen und Feste um Leben in die Kellergassen zu bringen. So gibt es beispielsweise jedes Jahr einen Adventmarkt in der „Loamgrui“ bei Unterstinkenbrunn, der von der freiwilligen Feuerwehr zusammen mit dem Dorferneuerungsverein organisiert wird (Loamgrui.at 2020) oder auch einen in der Kellergasse von Hadres (Hadres.at 2020) Neben dem Interesse einzelner Vereine am Erhalt dieser alten Bauensembles spielt auch

die touristische Nutzung der Region Weinviertel eine interessante Rolle. Es ist insbesondere in den letzten Jahren gelungen die Kulturlandschaft als Erholungsgebiet zu präsentieren. Durch gezielte Marketingstrategien und Investitionen können heute moderne Weinproduktionsstätten besichtigt werden, Führungen in Kellergassen besucht und gemütliche Radtouren durch die Weinberge unternommen werden (Weinviertel.at 2020). So kann das Alte mit den modernen Nutzungsmöglichkeiten verbunden werden. Eine Kulturlandschaft wie das Weinviertel steht also nicht still, sie befindet sich in einem ständigen Veränderungsprozess und passt sich den Nutzungsanforderungen und Bedürfnissen der örtlichen Bevölkerung an. So hat sich nicht nur das Berufsbild der Menschen in Niederösterreich verändert, sondern auch das Landschaftsbild. In den letzten Jahrzehnten kam es zu einer Abwanderung von den ländlichen Gebieten in die Städte, welche dadurch stetig erweitert wurden. Durch die neue Mobilität mussten auch die Verkehrswege ausgebaut werden, Autobahnen, Umfahrungen und Parkplätze entstanden. Windkraftanlagen erzeugen erneuerbare Energie und beeinflussen gleichzeitig das Panorama der Landschaft. (Schauppenlehner 2020 S.165ff.).

Zusammenfassend kann das Weinviertel heute also als ein Aufeinandertreffen der früheren, bäuerlich geprägten Weinbaukultur mit dem modernen, zukunftsorientierten Lebensraum, Wirtschafts- und Tourismusstandort beschrieben werden.



Abbildung 9: Sanfte Hügel, Felder, Weinberge und Windräder bei Wilfersdorf

2 Untergrunderkundung

Die Weinkeller und ihre Aneinanderreihung in Form von Kellergassen gehören zum Weinviertel wie kein anderes Merkmal. Oftmals befinden sich die Kellergassen radial zum Ortskern in direkter Nähe zum Dorf oder auch abseits der Ortschaft in einigen hundert Metern Entfernung (Schmidbauer 2020 S.78). Vereinzelt kommen auch Keller in Alleinlage vor. Je nach Lage der Weinbauflächen zum Dorf wurden die Presshäuser auch entlang bestehender Wege angeordnet. Umgekehrt entwickelten sich auch Kellergassen im Laufe der Zeit zu wichtigen Verkehrsrouten. Ein gutes Beispiel hierfür sind die Keller von Wultendorf, die sich entlang der L20 befinden. Die dort befindlichen Keller sind bereits in der Josephinischen Landesaufnahme (aufgenommen 1773-1781) eingezeichnet, als dort noch kein befestigter Verkehrsweg war. Durch die Modernisierung der Straßen und die damit einhergehenden Mindestanforderungen an die Straßenbreite, mussten auch einige Straßen verlegt werden, die ursprünglich durch Kellergassen geführt hatten, daher gibt es heute parallel zu Landesstraßen verlaufende Kellergassen. Ein Beispiel hierfür ist die später noch genauer beschriebene Kellergasse von Martinsdorf: Durch die im Freiland gelegene Ansammlung an Kellern inmitten der Weingärten führte ein ebenfalls bereits in der Josephinischen Landesaufnahme eingezeichneter Steig. Hinter den östlicheren Kellern führte dann später im Franziszeischen Kataster (aufgenommen 1817-1824 in Wien und Niederösterreich)

ein schmaler Fußweg vorbei, an dessen Stelle heute die Landesstraße L3031 verläuft. Eine ähnliche Situation gibt es in Ungerndorf entlang der L10 und L3081, denn auch dort waren die Keller ursprünglich entlang eines Fußweges angeordnet. In Abbildung 10 sind die damaligen Fußwege in Gelb mit einer schwarzen durchgehenden Linie und einer gepunkteten Linie dargestellt. Ein Teil dieser Fußwege wurde zu Straßen ausgebaut, andere Wege sind heute Agrarwege oder im Lauf der Zeit verschwunden, wie man in Abbildung 11 sehen kann.



Abbildung 10: Josephinische Landesaufnahme 1773-1781, Ausschnitt Ungerndorf; mit Markierung der Keller; Quelle: www.mapire.eu



Abbildung 11: HERE Maps Luftbild 2014, Ausschnitt Ungerndorf; Mit Markierung der Keller; Quelle: www.wego.here.com

Heute befinden sich also zahlreiche Keller entlang von Straßen im Weinviertel, wobei viele dieser Keller in einem augenscheinlich schlechten Zustand sind. Denkt man nun an die Einsturzsicherheit der Kellerröhren, die unter Verkehrswegen hindurch verlaufen, dann ist es notwendig Anhaltspunkte zu suchen, nach welchen man die Keller beurteilen kann.

Eine naheliegende Möglichkeit wäre, die Keller zu begehen und augenscheinlich zu begutachten um eine Aussage über ihren Zustand treffen zu können. Dies stellt sich jedoch als schwierig heraus, wenn es beispielsweise keinen Eigentümer/keine Eigentümerin mehr zu dem Keller gibt oder das Presshaus aus einem anderen Grund nicht zugänglich ist. Häufig wurden die Reste von eingestürzten Presshäusern und Portalschilden auch entfernt oder verschüttet, sodass keine Aussage mehr darüber getroffen werden kann, ob die zum Presshaus gehörende Kellerröhre noch existiert. Diese versteckten oder verlassenen Kellerröhren stellen weiterhin eine Gefahr für die Straßenbenützer/ Straßenbenützerinnen dar.

Eine andere Variante wäre es, die Oberflächen auf Setzungsmulden oder Risse zu untersuchen um auch Keller ohne Zugang zu berücksichtigen und gegebenenfalls handeln zu können. Doch auch hier gibt es Schwierigkeiten, da Setzungen ebenso durch ungeeignetes Material beim Verfüllen der Kellerröhre nach einem Schaden oder durch andere, vom Keller unabhängige Ursachen, entstehen können. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, eine Methode zu finden, mit

welcher von der Oberfläche aus Hohlräume unter dem Straßenkörper gefunden und verortet werden können. Wird eine solche stillgelegte und eventuell herrenlose Kellerröhre gefunden, so kann sie auf geeignete Weise aufgefüllt werden und zukünftige Schäden können vermieden werden.



Abbildung 12: Kellerruine in Zwentendorf, eigene Abbildung



Abbildung 13: Reste eines Kellers an der L3031, eigene Abbildung

2.1 Anforderungen an die Untergrunderkundung

Die gesuchte Methode zur Untergrunderkundung soll weder die Straßenoberfläche, noch den möglicherweise darunterliegenden Keller beschädigen.

Die Reichweite in den Untergrund muss zumindest 8 m betragen, besser wären jedoch mindestens 10 m, da manche der beobachteten Kellerröhren eine Überdeckung von bis zu 8 m aufweisen und daher das Messergebnis sonst nicht eindeutig sein könnte. Im Zuge dieser Arbeit wurden weder im Feld, noch in der Literaturrecherche Keller mit einer Überlagerung von mehr als 8 m entdeckt: In den mittels Laserscan vermessenen Kellergassen variierten die Überlagerungshöhen in Martinsdorf von 1,70-5,64 m (Lebloch 2014) und in Wultendorf von 3,6-5,1 m (Stummer 2017). Ausgewertet wurden außerdem Gutachten und Vermessungen in Ollersdorf, Fallbach, Poysdorf und Stronsdorf, wobei 8 m berlagerungshhe nicht überschritten wurden. Da auf der Oberfläche wirkende Kräfte sich mit zunehmender Tiefe verteilen und im Vergleich zum Erddruck verschwindend gering werden, sollen an dieser Stelle, sofern es solche geben sollte, noch tiefer liegende Keller vernachlässigt werden.

Die Messung darf auch durch eine Betonschicht von rund 20 cm nicht abgeschirmt werden, da beim Bau einiger Straßen über Kellern zur besseren Lastverteilung eine Betondecke unter der

eigentlichen Fahrbahn hergestellt wurde. Dies war auch in Wultendorf der Fall, wo es nach Auswaschungen unter der Platte zum Bruch derselben kam (Kaufmann 2017).

Das nächste Kriterium für die Eignung einer Erkundungsmethode ist die Messgenauigkeit. Es soll anhand der Ergebnisse deutlich zwischen Hohlräumen und anderen Störungen im Untergrund, wie beispielsweise elektrischen Leitungen oder Kanlen unterschieden werden können. Außerdem soll die Lage und die ungefähre Größe des Kellers bei der Untersuchung festgestellt werden, da sonst eine Verfüllung über Bohrungen von der Straße aus nicht möglich ist.

Die letzten, jedoch nicht unwichtigen Kriterien für die Wahl der Erkundungsmethode sind schließlich die Anwendbarkeit und nicht zuletzt auch die Wirtschaftlichkeit der Methode. Aufgrund der Anzahl an Kellern, die sich entlang von Straßen befinden, sollte die Messung kontinuierlich erfolgen. Ideal wäre die Messung von einem Fahrzeug aus, sie könnte aber auch zu Fuß erfolgen. Messungen, für die Bohrungen notwendig sind, lassen sich in diesem Ausmaß kaum wirtschaftlich umsetzen.

Aus diesen Gründen können einige Untergrunderkundungsmethoden schon im Vorhinein ausgeschlossen werden. Dazu gehören seismische Untersuchungen, die Erschütterungen verursachen und alle Untersuchungen, die eine mehrere hundert Meter große Eindringtiefe besitzen, sowie alle Methoden, für welche vor der Messung Löcher gebohrt werden müssen.

2.2 Überblick über potentielle Untersuchungsmethoden

Neben seismischen und geoelektrischen Methoden finden im Bereich der Geophysik auch die Magnetik, die Gravimetrie, das Bodenradar, die Geothermik und die Radiometrie Anwendung. Während Magnetik, Geothermik und Gravimetrie Ergebnisse im großen Maßstab liefern und eher zur Exploration von Rohstoffvorkommen eingesetzt werden, können mit geoelektrischen und radiometrischen Methoden sowie dem Bodenradar auch detailliertere Ergebnisse produziert werden (Knödel et al. 1997). Nachfolgend werden diese Methoden genauer beschrieben und ihre Eignung für die gegebene Aufgabenstellung untersucht. Hierbei sei erwähnt, dass auch mit der Geomagnetik besonders bei Böden mit unterschiedlichen magnetischen Eigenschaften gute Ergebnisse auch im Detail erreichbar sind, jedoch kann die Messung durch im Boden befindliche Metallrohre oder Stromleitungen gestört werden, was im Verlauf von Straßen sicherlich der Fall ist (Knödel et al. 1997 S. 15ff.).

2.2.1 Geoelektrik

Geoelektrische Untersuchungen nutzen die unterschiedliche elektrische Leitfähigkeit verschiedener Materialien. Dadurch können so direkt die Stromflüsse oder Widerstände im Boden gemessen oder auch indirekt über Magnetfelder bestimmt werden. Geoelektrik an sich stellt einen Sammelbegriff dar, welchem unter anderem auch die

geophysikalische Widerstandsmessung und die Gleichstrommessung zugeordnet werden (Knödel et al. 1997 S.65ff.).

Gleichstrommessung

Bei der Gleichstrommessung werden zwei Elektroden zur Stromzufuhr und zwei Sonden zur Messung im Boden angebracht. Über die Elektroden wird ein Stromkreis über den dazwischenliegenden Boden geschlossen. Durch den Stromfluss im mehr oder weniger gut leitenden Boden entsteht ein Potentialfeld, welches an der Oberfläche gemessen werden kann. Problematisch erweisen sich dabei besonders schlecht leitende Böden, da dann die gemessenen Potentialdifferenzen sehr klein werden. Bei wassergesättigten Böden wird die Realität ebenfalls nicht gut abgebildet. Ein weiterer Nachteil für die hier geforderte Anwendung ist, dass nicht kontinuierlich gemessen werden kann und der Versuchsaufbau im Verlauf der Kellergasse mehrfach versetzt werden müsste. Dennoch könnte diese Methode sehr gute Ergebnisse liefern, da Luft und erdfeuchter Löss sehr unterschiedliche elektrische Widerstände besitzen (Knödel et al. 1997 S.122ff.).

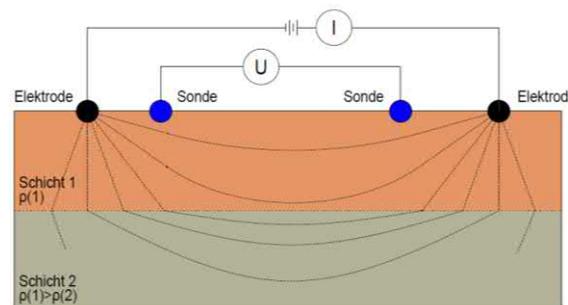


Abbildung 14: Funktionsprinzip Gleichstrommessung, eigene Abbildung

Geophysikalische Widerstandsmessung

Die Messung des elektrischen Widerstands des Bodens wird mit dem System der kapazitiven Kopplung umgesetzt. Von einem transportablen Sender aus wird mit Wechselstrom ein elektromagnetisches Feld in einem geeigneten Frequenzbereich erzeugt. Durch die Induktionswirkung entstehen im Untergrund Wirbelströme, die stark von der Leitfähigkeit des Bodens abhängen. Dadurch entsteht ein sekundäres Potentialfeld, welches sich mit dem Magnetfeld der Sendespule überlagert. Dieses überlagerte Feld wird am Empfänger durch eine Luft- oder Ferritkernspule aufgenommen. Neben der Leitfähigkeit des Bodens beeinflusst auch die Beschaffenheit der Erdoberfläche und der Abstand zu ihr das Messergebnis. Die Eindringtiefe kann durch die Frequenz des Wechselstroms und den Abstand zwischen Sender und Empfänger beeinflusst werden (Pregesbauer 2017 S.5ff.).

Gut geeignet ist das Verfahren vor allem, wenn die untersuchten Bodenschichten oder Materialien große Unterschiede im elektrischen Widerstand aufweisen. Dies ist in Bezug auf Löss und Luft durchaus der Fall. Außerdem kann die Widerstandsmessung durch Befliegung auch an schlecht begehbaren Orten mit begrenzten Platzverhältnissen eingesetzt werden. Schwierigkeiten stellen sowohl die Messung im nassen Boden als auch hochohmig versiegelte Oberflächen (Beton, Asphalt) und Schichten (trockene Sande, Festgestein) dar. Diese Methode könnte also eher auf Straßen mit weniger hohem Aufbau und

ohne Betonschicht sinnvoll angewandt werden (Pregesbauer 2017 S.5ff.).

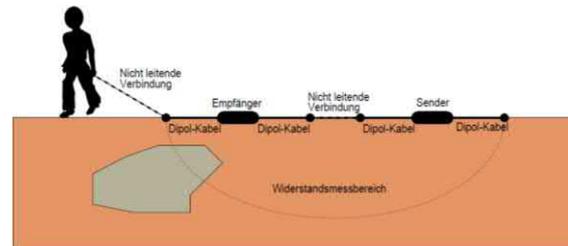


Abbildung 15: Funktionsprinzip Widerstandsmessung, eigene Abbildung

2.2.2 Bodenradar

Das Bodenradar, in der Fachliteratur oft als Georadar oder englisch als Ground Penetrating Radar (GPR) bezeichnet, ist ein Untergrunderkundungsverfahren, welches mit der Reflexion elektromagnetischer Impulse arbeitet. Die Wirkungsweise lässt sich mit der Reflexionsseismik vergleichen, nur im Gegensatz dazu werden statt akustischen Wellen elektromagnetische Impulse ausgesendet und deren Reflexionen an Schichtgrenzen oder Objekten an der Oberfläche gemessen. Verarbeitet werden dabei Informationen bezüglich Amplitude, Phase und Laufzeit. Besonders gut zu messen sind die Reflexionen, wenn sich die Schichten deutlich hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Eigenschaften (Leitfähigkeit, Dielektrizitätskonstante, magnetische Permeabilität) unterscheiden (Dolic 2015 S.3f.).

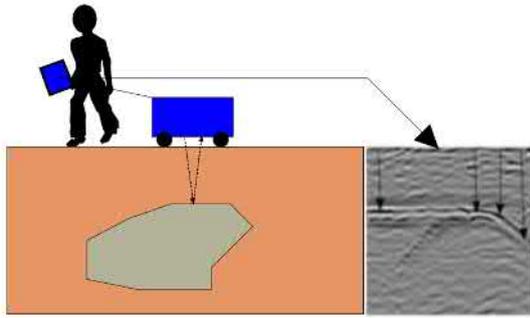


Abbildung 16: Funktionsprinzip Georadar, eigene Abbildung

Das Bodenradar arbeitet zerstörungsfrei und kann durch eine hohe Impulsfolge quasi kontinuierlich messen. Dadurch ist es auch möglich das Radar auf ein Fahrzeug oder einen Anhänger zu montieren und mehrere Kilometer pro Tag zu erkunden. Durch die Variation der Sendefrequenz können Auflösung und Eindringtiefe verändert werden. Dabei gilt: hohe Frequenzen liefern eine hohe Auflösung in geringer Tiefe und tiefe Frequenzen liefern eine niedrigere Auflösung bei größerer Eindringtiefe. Böden mit stark ausgeprägten Dämpfungseigenschaften (nasse Lehme, Tone) sind für das Verfahren eher weniger geeignet, da der Impuls so stark abgeschwächt wird, dass keine aussagekräftigen Reflexionen gemessen werden können (Knödel et al. 1997 S.369ff.).

Obwohl Löss zu den feinkörnigen, tonhaltigen Böden zählt und damit eigentlich ungeeignet wäre, konnte das GPR bereits erfolgreich auf vergleichbaren Böden eingesetzt werden (Ceru et al. 2018). Durch die mögliche Montage auf einem Fahrzeug ist es für den Einsatz auf Straßen besonders geeignet, da diese oft langgezogen sind und für ein gutes Ergebnis zumindest zwei Spuren notwendig sind. Für eine solche Messung wäre keine

Straßensperre notwendig und sie könnte zügig von einer Person durchgeführt werden.

2.2.3 Radiometrie

Bei der Radiometrie werden die Strahlungsintensitäten im Boden gemessen. Dabei kann sowohl Infrarotstrahlung oder UV-Strahlung gemessen werden, als auch Gamma-Strahlung. Im Bereich der Geophysik wird die abgegebene Gammastrahlung durch Zerfallsprozesse im Gestein gemessen. Anhand des Strahlungsprofils kann das vorhandene Gestein bzw. der Boden bestimmt werden. Je nach Absorptionseigenschaften des Bodens ist die Eindringtiefe der Messung mit rund 0,5-1 m sehr gering. Gute Ergebnisse erzielt die Radiometrie im Bereich der Archäologie und Erzprospektion. Daher wird diese Methode für das Aufsuchen der Keller nicht näher behandelt (Knödel et al. 1997 S.725 ff.).



Abbildung 17: Die von Kellern unterquerte Straße L3031, eigene Abbildung

2.3 Die Martinsdorfer Kellergasse

Seit 2014 wird der Martinsdorfer Kellergasse von der NÖ Straßenbauabteilung Wolkersdorf besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da sie mit ihrer Situation die Problematik der Keller unter Straßen optimal verdeutlicht. Auf der parallel zu den Kellern verlaufenden L3031 wurden bereits einige Versuche zur Detektion der Keller unternommen. Diese wurden ausgewertet und für den Versuch in dieser Arbeit als Grundlage verwendet.

2.3.1 Vorgeschichte zu den Messungen

In den letzten Jahren gab es besonders nach gefährlichen Situationen mit Kellerröhren das Bedürfnis etwas zu unternehmen, um solche Fälle zukünftig zu verhindern. Im Frühjahr 2014 gab es eine Koordinationsbesprechung zwischen Vertretern der NÖ Gruppe Straße und der Bezirkshauptmannschaften mit Hinzuziehung eines externen Gutachters zum Thema „Beurteilung verbrauchgefährdeter Hohlräume unter Verkehrswegen“. Themen der Besprechung waren zum einen die Beurteilung der Standfestigkeit von Kellern sowie die Kostenübernahme für die Gutachten und zum anderen auch die Frage, was zuerst da gewesen ist, die Keller oder die Landesstraße. In diesem Zusammenhang wurde auch Martinsdorf erwähnt (Maurer 2014). In weiterer Folge wurden nach der Besprechung die bekannten „Problem-Kellergassen“ verstärkt beobachtet und der Kontakt zu den Bürgermeister*innen gesucht. Da die Kellergasse von Martinsdorf direkt an einer Landesstraße liegt, diese mit 39

Röhren unterquert (Lebloch 2014) und es in der Vergangenheit bereits zu Einstürzen von Kellern kam, bietet sie optimale Bedingungen für genauere Untersuchungen. Aus diesem Grund wurde in Zusammenarbeit mit den Kellerbesitzern eine Vermessung der gesamten Kellergasse organisiert sowie eine statische Zustandsbeurteilung durch ein Ziviltechnikerbüro veranlasst. Es wurden auch erste Versuche zum Auffinden von Kellerröhren, deren Zugang nicht vorhanden war, unternommen und die Ergebnisse mit den Vermessungsdaten abgeglichen. Näheres zu den angewandten Methoden und den Ergebnissen sind in Kapitel 2.3.3 zu finden.



Abbildung 18: Blick nach Norden auf der L3031 mit Kellern von Martinsdorf, eigene Abbildung



Abbildung 19: Blick nach Süden auf der L3031 mit den Kellern von Martinsdorf, eigene Abbildung



Abbildung 20: Nördlicher Anfang der Martinsdorfer Kellergasse, Quelle: www.google.com/maps

2.3.2 Lage und Beschreibung

Martinsdorf befindet sich im östlichen Weinviertel im Bezirk Mistelbach unweit von Schrick entfernt. Die Kellergasse hat ihre Lage außerhalb der Ortschaft parallel zur Landesstraße L3031, welche nördlich von Martinsdorf nach Schrick führt. Die L3031 ist eine wenig befahrene Straße, der nach der Funktionsstufenskala, welche von 1 (sehr wichtig) bis 6 (untergeordnete Straße) reicht, die Stufe 5 zugewiesen ist. Die Kellergasse selbst ist sehr schmal und hat ein Einfahrtsverbot (ausgenommen Anrainer und Radfahrer) sowie eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 10 km/h. Die L3031 hat im Bereich parallel zur Kellergasse eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50

km/h. Die Straße liegt im Verhältnis zu den Kellern etwas erhöht, der Höhenunterschied erreicht bis zu rund 3 m. Dadurch sind straßenseitig zum Teil nur die Dächer der Presshäuser zu sehen (siehe Abbildung 17). Der Zustand der Presshäuser und Portale variiert sehr stark. Ebenso unterschiedlich ist das Alter der vorhandenen Gebäude. Während einige Keller sehr modern wirken oder sich im März 2020 auch noch im Bauzustand befanden, waren andere Keller deutlich älter und zum Teil auch in keinem guten Zustand. Insgesamt machte das Kellerensemble zum Zeitpunkt der Begehung einen uneinheitlichen Eindruck.



Abbildung 21: Blick nach Süden in der Kellergasse von Martinsdorf, eigene Abbildung

2.3.3 Versuchshistorie

Die Grundlage für die später durchgeführten Versuche bildet die 2014 durchgeführte 3D-Vermessung der Keller mittels Laserscan. Im Zuge der Vermessung wurden von 39 Kellern alle bis auf fünf Stück begangen und auch ihr Zustand beurteilt sowie auf Fotos festgehalten. Bei den nicht begangenen Objekten war entweder der Besitzer nicht



Abbildung 22: Verfüllte Kellerröhre in Martinsdorf, eigene Abbildung

erreichbar oder willigte der Vermessung nicht ein. Bei einigen ehemaligen Kellern konnte auch kein Zugang mehr gefunden werden, wobei nicht klar war, ob die Kellerröhre sachgemäß verfüllt wurde.

Das Ergebnis der Vermessungsarbeiten war eine Karte, die neben der Lageinformation im Grundriss auch die Überlagerungshöhen und die Breiten der Kellerröhren beinhaltet (Lebloch 2014).

Da der Zustand der fünf oben genannten Objekte nicht dokumentiert und beurteilt werden konnte, geht von diesen Kellerröhren noch immer eine potentielle Gefahr aus. Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Situation auf andere Kellergassen übertragen lässt und auch anderenorts einzelne Kellerröhren nicht begangen oder nicht gefunden werden können. Aus diesem Grund entstand das Interesse eine Methode zu finden, mit welcher die Kellerröhren von der Straße aus lokalisiert werden können.

Im Jahr 2017 wurden im Auftrag der NÖ Gruppe Straße erste Untersuchungen zum Auffinden von Kellerröhren durchgeführt.

Dabei wurden Unternehmen von der STBA Wolkersdorf dazu aufgerufen eine Methode anzubieten und zu testen, die Hohlräume unter Verkehrswegen mit möglichst hoher Wahrscheinlichkeit und Lagesicherheit aufspüren kann. Daraufhin meldeten sich mehrere Unternehmen, Institute und Einzelpersonen.

Der Auftrag lautete eine Methode anzuwenden und grafisch auszuwerten, sodass das Ergebnis von der Straßenbauabteilung Wolkersdorf anhand der Vermessungsdaten überprüft werden konnte. Bei Erfolg wurden weitere Aufträge in Aussicht gestellt (STBA Wolkersdorf 2017).

Unter den Versuchsgeräten befanden sich neben verschiedenen Ausführungsvarianten des Bodenradars auch eine geoelektrische Widerstandsmessung und eine Wünschelrutengeherin. Die Wünschelrutengeherin konnte zwar im Versuch 87% der Röhren aufzeigen, aber da sie noch 21 weitere Röhren angab, die laut Vermessung nicht existierten, konnte das Ergebnis nicht als belastbar eingestuft werden und die Methode muss als nicht tauglich beurteilt werden. Ansonsten lieferten das Georadar und der „Ohm-Mapper“, ein Widerstandsmessgerät, die Ergebnisse mit den besten Zukunftsaussichten. Mit dem Bodenradar konnte man zumindest die Zugänge zu den Kellerröhren, die nur eine geringe Überdeckung hatten, relativ verlässlich aufspüren. Es hatte jedoch keine ausreichend große Eindringtiefe, da die Keller von Martinsdorf eine Überdeckung

von rund 1,7-5,6 m haben und das Signal des Radars in dem bindigen Boden zu stark gedämpft wurde. Könnte die Messtiefe noch erhöht werden, so wäre das Bodenradar eine besonders einfach anzuwendende Messmethode.



Abbildung 23: Messung mit einer Variante des Bodenradars, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 24: Messung mit dem "Ohm-Mapper", Quelle: NÖ Straßendienst

Beim Widerstandsmessgerät stellte die Handhabung des Geräts eine größere Schwierigkeit dar, da es aus mehreren Messgliedern besteht, die an einem Kabel hinter einer Person hergezogen werden. Diese Messglieder rollten bei einem seitlichen Gefälle der Straße oft aus der Spur, was die Genauigkeit der Messergebnisse negativ beeinflusste. Es wurden von 39 gesuchten Kellerröhren in

den verschiedenen Messspuren insgesamt 26 bis 27 Bereiche mit deutlich höherem Widerstand als der umgebende Boden gefunden, sie konnten aber nicht klar abgegrenzt werden. Dennoch kann die Eindringtiefe als ausreichend betrachtet werden und vom ausführenden Unternehmen wurde noch Verbesserungspotential in der Auswertungssoftware gesehen (Pregesbauer 07/2017).

Im Herbst 2017 wurde noch eine zweite Versuchsreihe in Ollersdorf mit dem Widerstandsmessgerät „Ohm-Mapper“ organisiert, da dieses im Gegensatz zum Bodenradar eine größere Tiefe erreichen konnte. Die Kellergasse von Ollersdorf war ebenfalls in Zusammenarbeit mit den Kellerbesitzern vermessen worden und bot damit eine gute Gelegenheit, die Methode noch einmal an einem anderen Ort zu testen. Zu dem Zeitpunkt gab es allerdings noch Probleme mit der Verortung mittels GPS, da sie nicht genau genug war und auch mit der in diesem Versuch eingesetzten Auswertungssoftware konnten die gewünschten Verbesserungen nicht erreicht werden. Vorerst wurden keine weiteren Untersuchungen vorgenommen, da keine Methode geeignet erschien, um ökonomisch sinnvoll flächendeckend und genaue Ergebnisse zu liefern (Pregesbauer 11/2017).

2.3.4 Versuch März 2020

Ein Ziel dieser Arbeit war unter anderem, auf Basis der vergangenen Versuche und zusätzlicher Recherche eine geeignete Untergrunderkundungsmethode zur Kellerdetektion zu finden. Dazu wurde zunächst auch das Gespräch mit erfahrenen Fachleuten gesucht. So kam es zum Austausch mit Herrn Dr. Krenn vom Fachbereich Archäologie des Bundesdenkmalamtes und mit Herrn Dr. Neubauer vom Ludwig-Boltzmann-Institut für Archäologische Prospektion und Virtuelle Archäologie. Dabei war sowohl die Problematik der Eigenschaften von feinkörnigen Sedimentböden ein Thema, als auch das Potential verschiedener Erkundungsmethoden. Für die gegebenen Anforderungen sahen beide das Bodenradar als geeignete Methode, wobei auch auf die mögliche Dämpfung durch den Boden hingewiesen wurde. Auch das oben erwähnte Widerstandsmessgerät wurde von Herrn Dr. Krenn als potentiell geeignet gesehen, sofern die beschriebenen Probleme behoben wurden. Sonst wurden keine weiteren Erkundungsmethoden auf Basis der gestellten Anforderungen erwähnt (Neubauer 2020, Krenn 2019).

Auch die Literaturrecherche lieferte kein anderes Ergebnis als das bereits Bekannte (Knödel et al. 1997).

Da zwischen den letzten Untersuchungen und dem Beginn der Diplomarbeit rund 3 Jahre liegen, müssen technische Fortschritte in der Gerätetechnik berücksichtigt werden. Daher wurden die beiden Unternehmen nochmals kontaktiert, die 2017 die

Messungen mit dem Widerstandsmessgerät und dem Bodenradar durchgeführt hatten und nachgefragt, ob es Neuerungen gäbe.

Zum einen wurde das Ludwig-Boltzmann-Institut ArchPro Team kontaktiert, welches zum Zeitpunkt des Gesprächs ebenfalls Untersuchungen mit dem Bodenradar im Weinviertel durchführte. Was das Auffinden der Keller unter Straßen bei feinkörnigen, bindigen Böden angeht, wurde allerdings wenig Chance auf Erfolg gesehen, da es in Bezug auf die Dämpfung durch den Boden noch keine Neuerungen gab.

Das zweite Unternehmen, das bei den Versuchen 2017 sowohl ein Bodenradar, als auch das Widerstandsmessgerät getestet hatte, war ebenfalls zu einem Gespräch bereit und machte schließlich das Angebot ein neues Stepfrequency-3D-Bodenradar zu testen, welches durch eine höhere Frequenzbandbreite bessere Ergebnisse erzielen könnte. Daher wurde mit der Geoprospectors GmbH ein Termin für eine Messung in der Kellergasse in Martinsdorf vereinbart.

Zum Versuchsaufbau

Die Messung fand am Montag den 09.03.2020 um 13:00 bei sonnigem Wetter und feuchtem Boden statt. Um keine Störungen zu verursachen, wurde der Verkehr von Mitarbeitern der Straßenmeisterei Wolkersdorf über die parallel verlaufende Kellergasse umgeleitet. Das Bodenradar wurde über eine Aufhängung vorne an einem kleinen Traktor befestigt und von einer Kunststoffplatte geschützt direkt über die Straße gezogen.

Die Straße wurde mehrfach in beide Richtungen befahren um alle Spuren abzudecken und ein flächiges Ergebnis zu erhalten. Dabei wurde die Position des Radars über GPS bestimmt und aufgezeichnet.

Das eingesetzte Bodenradar ist ein sogenanntes „step-frequency-GPR“ mit einer für dieses Radar geeigneten Antenne, welche im Bereich von 200-3000 MHz sendet. Das Besondere an diesem Bodenradar ist, dass nicht mit einer einzelnen Frequenz gemessen wird, sondern dass die Messfrequenz während dem Messvorgang in kurzer Zeit mehrere Stufen durchläuft und somit mit einem Frequenzspektrum gemessen wird. Dieses Spektrum kann vor der Messung programmiert werden und somit an den Boden angepasst werden (Datenblatt „Geoscope MKIV“ 2020). Da höhere Frequenzen eine höhere Auflösung in geringerer Tiefe liefern und tiefere Frequenzen eine niedrigere Auflösung in größerer Tiefe, kann durch die Variation im geeigneten Rahmen eine hohe Auflösung im für die Keller interessanten Bereich von bis zu 8 m Tiefe eingestellt werden, sofern das Signal nicht zu stark durch den anstehenden Boden gedämpft wird.



Abbildung 25: Step-Frequency-Radar mit Traktor vor den Kellern, eigene Abbildung



Abbildung 26: Messung mit dem Georadar, eigene Abbildung

Versuchsauswertung

Da die Schwierigkeiten der stark gedämpften Signale aus der letzten Messung bekannt waren, wurde beschlossen, das Radargramm mithilfe der Vermessungsdaten auszuwerten, anstatt es wie im vorhergehenden Versuch blind zu vergleichen. Durch die Gegenüberstellung sollten bessere Aussagen über die maximale Messtiefe, sowie die Interpretation von Dichteunterschieden im Untergrund getroffen werden können und ein Lerneffekt erzielt werden.

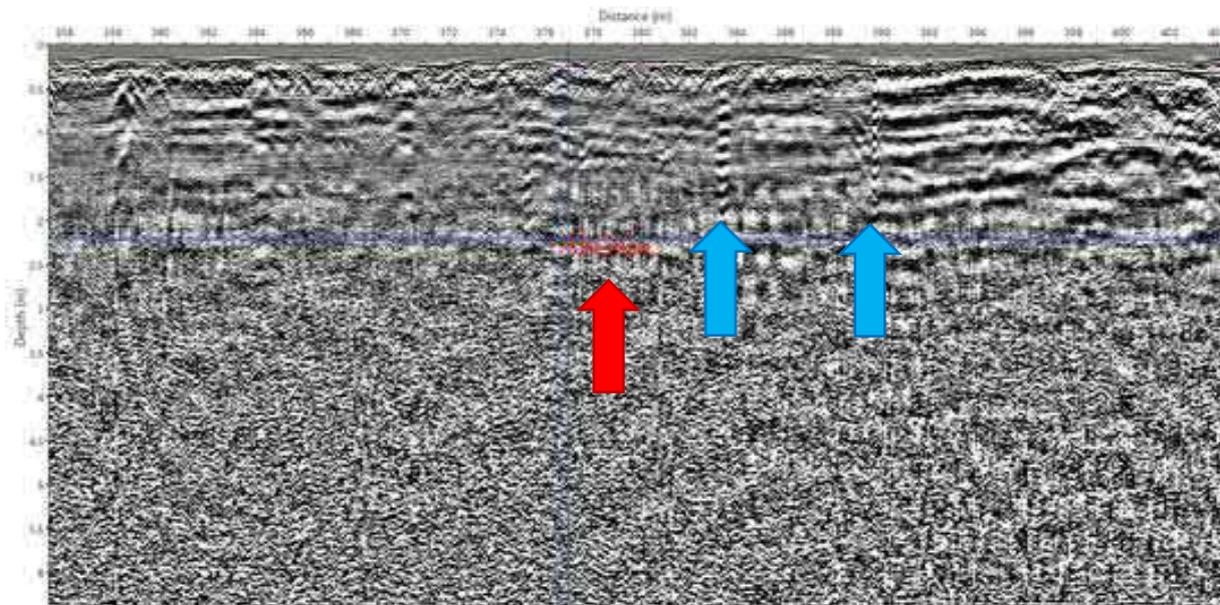


Abbildung 27: Radargramm mit erkennbaren vertikalen Strukturen und Keller, Pregesbauer 2020

Besonders klar zu erkennen waren in der Auswertung vertikale, sehr schmale Strukturen, bei denen es sich möglicherweise um ehemalige Lüftungsrohre handelt. Als die Straße neu gebaut wurde, mussten diese wahrscheinlich verlegt werden. Die Lage dieser Objekte passt großteils zu der von den Kellern. Sie sind im Radargramm bis zu einer Tiefe von rund 2,5 m sehr klar erkennbar, ab 3 m Tiefe nimmt das Rauschen im Bild jedoch so stark zu, dass dort keine Aussagen mehr getroffen werden können. In Abbildung 27 sind diese vertikalen Strukturen mit blauen Pfeilen markiert. Ebenfalls in Abbildung 27 dargestellt ist ein Keller (rot markiert), der durch Vergleich mit den Vermessungsunterlagen identifiziert werden kann. Dieser Keller hat eine Überlagerung von nur 2,8 m und ist trotzdem in der Auswertung kaum zu erkennen. Auch die daneben liegenden Keller, die eine höhere Überlagerung besitzen, sind nicht auszumachen. Ohne Vermessungsdaten

hätte man in diesem Abschnitt keine Keller gefunden.

An einer weiter südlich gelegen Stelle der Kellergasse konnten deutliche Setzungen gemessen werden, dargestellt in Abbildung 29. Schon in einer Tiefe von 0,5 m sind deutliche Reflexionen erkennbar, die auf eine starke Verdichtung des Bodens an dieser Stelle hindeuten. Unter dieser Setzung befindet sich ein Keller, was allerdings nur aufgrund der Vermessung bekannt ist. Die dazugehörige Reflexion befindet sich in etwa 3 m Tiefe. Außerdem sind wieder sehr schmale, vertikale Strukturen zu erkennen. In diesem Bereich ist insgesamt eine stärkere Verdichtung erkennbar.

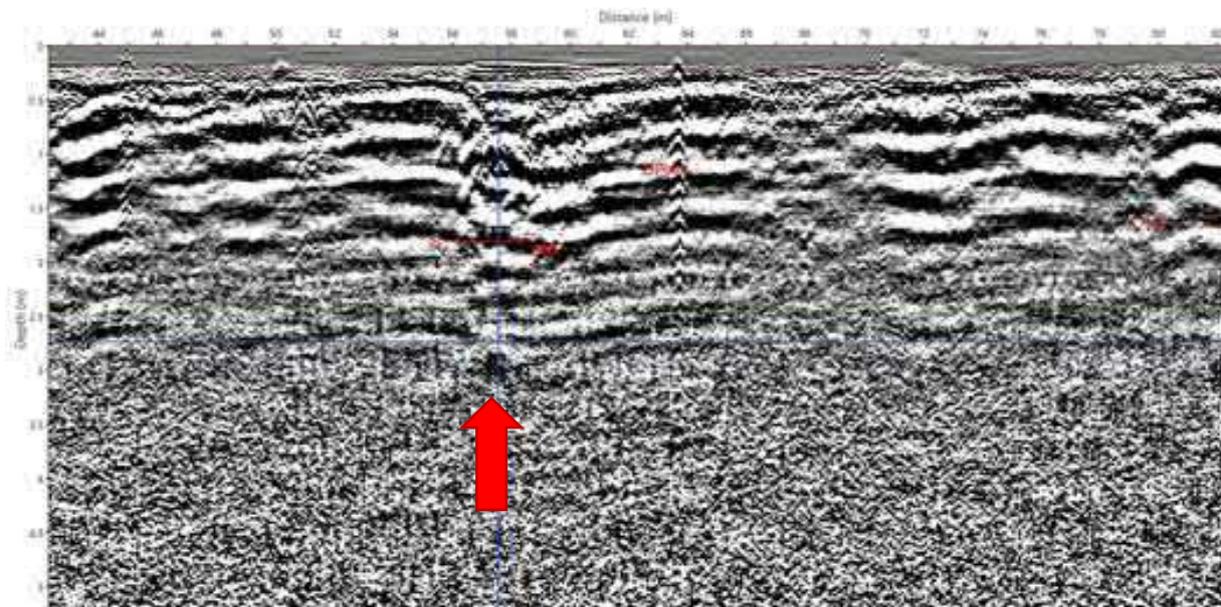


Abbildung 29: Deutlich erkennbare Setzungen im Radargramm, Pregesbauer 2020

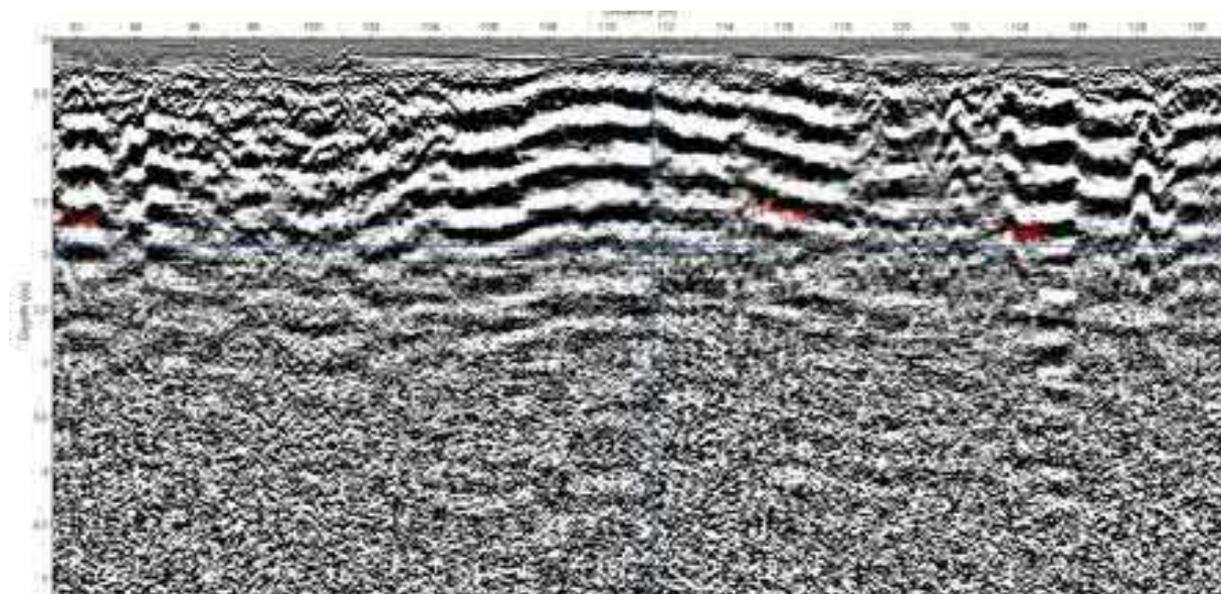


Abbildung 28: Radargramm mit Bereichen unterschiedlicher Verdichtung, Pregesbauer 2020

In Abbildung 28 sind Bereiche unterschiedlich starker Verdichtung sichtbar, diese können jedoch nicht eindeutig den Kellern an dieser Stelle zugeordnet werden. Das Rauschen beginnt wieder im Bereich von 2,5-3 m Tiefe und lässt in tiefer gelegenen Bereichen keine Rückschlüsse zu (Pregesbauer 2020).

Insgesamt kann mithilfe dieses Bodenradars zwar eine um etwa 1-1,5 m größere Eindringtiefe erreicht werden als mit den 2017 getesteten Geräten, die Tiefe ist aber mit knapp 3 m bei weitem nicht ausreichend für die beschriebene Anwendung.

Außerdem ist die Genauigkeit nicht hoch genug, da nicht zwischen Verdichtungsbereichen zufolge Setzungen und Gewölbekappen unterschieden werden kann. Solche Setzungen können auch über bereits verfüllten Kellern entstehen, wenn das Füllmaterial durch die Auflast der darüber eingebauten und verdichteten Schichten komprimiert wird. Auch wenn die Lage der schmalen, vertikalen Strukturen (interpretiert als ehemalige Lüftungsrohre) oft mit den Kellern übereinstimmt, reichen diese als Identifikationsmerkmal nicht aus, da sie nicht bei allen Kellerröhren auftreten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse werden weitere Versuche mit dem Bodenradar als nicht zielführend eingestuft. Sollten sich in den nächsten Jahren keine gravierenden Neuerungen in der Messtechnik beim Bodenradar ergeben, sollte im Bereich der Geoelektrik weiter getestet werden, da hier die Dämpfung des Bodens im Versuch 2017 weniger Einfluss auf die Messtiefe gezeigt hatte.



Abbildung 30: Drei verlassene Kellerröhren an der L3052 bei Ketzelsdorf, eigene Abbildung

3 Lastabtragung der Kellerröhren

Die meisten Kellerröhren liegen Jahrzehnte lang unverändert unter Straßen, bis es bei einzelnen Kellern zum plötzlichen Versagen ohne äußerlich sichtbare Vorankündigung kommt. Häufig spielt Wasser dabei eine wichtige Rolle. Bevor nun aber die essentiellen Eigenschaften des für das Weinviertel charakteristischen Lössbodens und sein Verhalten bei Wasserzutritt erläutert werden, soll als Einstieg eine ganz andere Frage gestellt werden. Wenn ein Keller unter einer Straße einbricht, entsteht zumindest ein großer finanzieller Schaden an der Fahrbahnoberfläche und je nach Beteiligung auch ein Sach- oder Personenschaden. Wer haftet in diesem Fall? Wann ist ein Keller überhaupt in seiner Standfestigkeit zu prüfen und wer hat für das Gutachten zu bezahlen? Nachdem diese Frage geklärt ist und die aktuelle Situation in der Normung erläutert wurde, folgen Inhalte zu den verschiedenen AusbaufORMen, der Spannungsverteilung im Boden um die Röhre und Berichte aus der Praxis zu verschiedenen Versagensfällen. Den Abschluss bildet ein Ausblick für die mögliche statische Beurteilung der Kellerröhren.

3.1 Notwendigkeit & Verantwortung

Um zu verstehen, wer im Schadensfall für einen einstürzenden Keller haftet, muss zuerst einmal geklärt werden, wem der Keller rechtlich gehört, wenn er sich unter fremdem Grund befindet. Im Fall der Landesstraßen ist der Grundeigentümer das Bundesland, also in dieser Arbeit das Land Niederösterreich. Im Grundbuch sind für die Keller selbst üblicherweise nur die Flächen der Presshäuser eingetragen, die Parzellen beinhalten also nicht die Kellerröhren unter der Straße. Das kann man gut nachvollziehen, wenn man in der Online-Ansicht vom NÖ Atlas die Grundstücksgrenzen anzeigen lässt (NÖ Atlas 2020). Als Beispiel ist in Abbildung 31 das nördliche Ende der Kellergasse von Wultendorf dargestellt.



Abbildung 31: Nördliches Ende der Kellergasse von Wultendorf mit Grundstücksgrenzen und -nummern, Quelle: NÖ Atlas (Land NÖ, BEV)

Um die Gesetzeslage in Bezug auf die Keller zu analysieren, wurde das Allgemeine Bürgerliche Gesetzbuch herangezogen. Im zweiten Teil „von dem Sachenrechte“ sind Besitz, Eigentumsrecht, Erwerb, Erbe und viele weitere Themen geregelt. Für unterirdische Bauwerke gibt es einen eigenen Paragrafen, der eindeutig regelt, dass ein unterirdisches Bauwerk, dessen Eingang nicht auf dem betroffenen Grundstück liegt, gegebenenfalls andere Besitzverhältnisse aufweisen kann als das Grundstück selbst, also in diesem Fall die Straße:

„An Räumen und Bauwerken, die sich unter der Erdoberfläche der Liegenschaft eines anderen befinden und nicht der Fundierung von über der Erdoberfläche errichteten Bauwerken dienen, wie Kellern, Tiefgaragen und industriellen oder wirtschaftlichen Zwecken gewidmeten Stollen, kann mit Einwilligung des Liegenschaftseigentümers gesondert Eigentum begründet werden.“ (§ 300 ABGB)

Da die meisten Keller bereits vor dem Bau der heutigen Straßen existierten und auch der Verlauf zumindest einiger Kellerröhren bekannt war, als die Trasse festgelegt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass in dieser Situation die Einwilligung des Straßeneigentümers gegeben sein muss und die Kellerröhre zum Besitz des Presshauseigentümers/der Presshauseigentümerin gehört.

Mit dem Besitz eines Bauwerks, auch eines unterirdischen, geht die Pflicht der Instandhaltung desselben einher. Diese ist ebenfalls im ABGB beschrieben und wird folgendermaßen geregelt:

„Wird durch Einsturz oder Ablösung von Teilen eines Gebäudes oder eines anderen auf einem Grundstück aufgeführten Werkes jemand verletzt oder sonst ein Schaden verursacht, so ist der Besitzer des Gebäudes oder Werkes zum Ersatze verpflichtet, wenn die Ereignung die Folge der mangelhaften Beschaffenheit des Werkes ist und er nicht beweist, daß er alle zur Abwendung der Gefahr erforderliche Sorgfalt angewendet habe.“ (§ 1319 ABGB)

Es ist also klar, dass der Besitzer/die Besitzerin eines Bauwerks dessen Zustand regelmäßig zu überprüfen hat und Schäden an diesem zu beheben oder anderweitig ungefährlich zu machen hat. Entsteht durch dieses Bauwerk ein Schaden, hat der Eigentümer/die Eigentümerin zu beweisen, dass er/sie seinen/ihren Pflichten nachgekommen ist. Dies gestaltet sich bei den Kellerröhren schwierig, weil die Ursache des Versagens von Kellerröhren nicht immer eindeutig bestimmt werden kann. Außerdem ist auch zu unterscheiden, ob es zu einem plötzlichen, unvorhersehbaren Einsturz gekommen ist, wie es bei Zutritt größerer Wassermengen vorkommen kann (siehe Kapitel 3.3) oder ob sich das Versagen lange vorher durch Verformungen und Ausbrüche oder klaffende Mauerwerksfugen angekündigt hat. Letzteres zu erkennen liegt eindeutig in der Verantwortung des Kellerbesitzers/der Kellerbesitzerin. Es ist also im Interesse des Eigentümers/der Eigentümerin einen beginnenden Schaden frühzeitig festzustellen und abzuwehren, um größere finanzielle Belastungen zu vermeiden. Unklar ist jedoch noch, durch welche Maßnahmen ein Kellerbesitzer/eine

Kellerbesitzerin von der Schuld befreit ist und er/sie seiner/ihrer Pflicht der regelmäßigen Inspektion nachgekommen ist. Da es noch keine Fachliteratur zu der Frage gibt, wie schnell ein Schaden beispielsweise durch Wassereintritt auftreten kann, soll an dieser Stelle auf die Erfahrungen in der Kellergasse in Martinsdorf verwiesen werden.

Nach den zahlreichen Starkregenereignissen 2014 (Statistisches Handbuch NÖ 2017 S.42) wurde, wie in Kapitel 2.3 erwähnt, in Martinsdorf auf freiwilliger Basis ein Gutachten über die Standfestigkeit der dortigen Keller, welche die Landesstraße L3031 unterqueren, erstellt. In diesem Gutachten wurden die Keller rein optisch über eine Begehung und Fotodokumentation beurteilt und je nach Zustand einer von 3 Kategorien zugeteilt. Diese Kategorien, verbunden mit empfohlenen Maßnahmen, lauten:

- Zustand 1 : wiederkehrende Begutachtung der Keller im Abstand von 3-5 Jahren, je nach Witterungsverhältnissen
- Zustand 2: regelmäßige Überprüfung, jährlich in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen
- Zustand 3: kurzfristiger Handlungsbedarf (Gutachten Schneider Consult 2015)

Der am nördlichen Ende gelegene Keller, welcher mit der Nummer 01 im Gutachten angeführt wird, wurde nach der Begehung mit Zustand 1 bewertet. Der Fotodokumentation ist zu entnehmen, dass das Gewölbe mit Mauerziegel ausgemauert

und der Zugang zur Kellerröhre ebenfalls gemauert und verputzt war. Das Ende der Röhre war mit Beton-Hohlblocksteinen vermauert. Die optische Erscheinung der Ziegel lässt darauf schließen, dass sie weder stark durchfeuchtet, noch mit Salzen oder Schimmel belastet waren (Schneider Consult 2015).

Trotzdem musste der Keller 2017 nach lokalen, stärkeren Regenereignissen verfüllt werden, nachdem er deutliche Schäden zeigte (Berthold 2020). Das empfohlene Wartungsintervall von drei bis fünf Jahren konnte also nicht eingehalten werden, da das Gewölbe bereits nach zwei Jahren versagte. Besonders nach starken Regenfällen können Schäden also sehr rasch auftreten und müssen umgehend behoben werden.

Aus den Erfahrungswerten lässt sich also der Schluss ziehen, dass sich die Standfestigkeit der Keller beim Eindringen von Wasser nicht durch eine einmalige, fachmännische Begutachtung zuverlässig klären lässt und der momentane Zustand des Kellers nur durch regelmäßige Begehung festgestellt werden kann. Idealerweise sollten die Keller daher mehrmals jährlich von ihren Besitzern/Besitzerinnen kontrolliert und nach starken Regenfällen inspiziert werden, um größere Folgeschäden durch rechtzeitiges Einschreiten (sobald ein Schaden erkennbar wird) zu verhindern. Eine Anzahl, wie oft der Keller pro Jahr kontrolliert werden muss, lässt sich vom aktuellen Standpunkt aus nicht nennen.

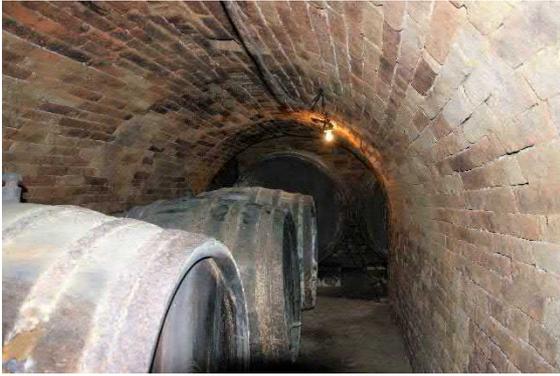


Abbildung 32: Ein weiterer Keller mit Zustand 1, der nach einem plötzlich auftretenden Schaden im Firstbereich saniert wurde, eigene Abbildung

Dennoch ist es dem Kellerbesitzer/der Kellerbesitzerin zu empfehlen, bei seiner/ihrer regelmäßigen Inspektion den Zustand des Kellers auf Fotos mit Zeitvermerk zu dokumentieren, um Veränderungen des Kellers sicher erkennen zu können. Mehr zur Dokumentation des Kellerzustands ist in Kapitel 3.6 nachzulesen.

Bei plötzlichem Versagen eines Kellers sollte hingegen unbedingt nach der Ursache gesucht werden, da möglicherweise ein Fremdverschulden vorliegt. Als Beispiel sei hier ein Wasserrohrbruch einer öffentlichen Wasserleitung in Poysdorf 2015 erwähnt. In diesem Fall kam die Versicherung der Gemeinde für den entstandenen Schaden auf.

In einer besonderen Situation befinden sich Keller unter Landesstraßen, auf denen in den letzten Jahren der Verkehr, insbesondere jener schwerer Fahrzeuge, zugenommen hat. Zum Bauzeitpunkt der Keller führten über diese üblicherweise nur unbefestigte Fußwege und auch die Lasten auf den Äckern, die damals mit Pferden bestellt wurden, waren deutlich geringer als jene, die durch moderne Landmaschinen erzeugt

werden. Die durch die Verkehrslast entstehende dynamische Beanspruchung des Bodens kann ebenfalls zum Einsturz der Keller führen. Diese Form des Versagens kann sich lange vor dem endgültigen Einsturz durch kleinere Ausbrüche ankündigen, sofern es sich um keine einmalige, extreme statische Überlastung handelt. Als Schutzmaßnahme können Gewichts- und Geschwindigkeitsbegrenzungen angeordnet werden. Um diese sinnvoll festzulegen, sollte der Keller mit rechnerischen Methoden unter verschiedenen Beanspruchungsfällen in seiner Tragfähigkeit beurteilt werden. Ein Vorschlag dazu ist in 3.5 zu finden. Im nächsten Kapitel soll gezeigt werden, was in verschiedenen Normen zum Thema Keller zu finden ist und wann ein bestehendes Bauwerk grundsätzlich nachzurechnen ist.

3.2 Aktueller Stand der Normung

Zunächst sollte die Recherche bei europaweit gültigen Normen beginnen. In der ÖNORM B 1990-1:2013 01 01 sind Anforderungen an Tragwerke bezüglich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit definiert. Dabei spielt auch die Zuverlässigkeit des Bauwerks eine wichtige Rolle. Das Zuverlässigkeitsniveau eines Tragwerks beschreibt dessen Fähigkeit, „die festgelegten Anforderungen zu erfüllen“ (OIB Begriffsbestimmungen 2019 S.13). Die gestellten Anforderungen hängen einerseits von den vorhandenen Belastungen auf das Tragwerk und andererseits von der Nutzung und damit dem Schadenspotential ab. Da die ÖNORM B 1990-1:2013: 01 01 bis auf den Hinweis auf die in Vorbereitung befindliche ONR 24009 „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Hochbauten“ aber keine Informationen über den Umgang mit bestehenden Bauten beinhaltet, wird nun auf nationale Normen zurückgegriffen (ÖNORM B 1990-1:2013 01 01).

In der OIB-Richtlinie 1 „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ in der Version von 2019 findet man in den Vorbemerkungen den Hinweis, dass „bei Änderungen an bestehenden Bauwerken mit Auswirkungen auf bestehende Tragwerke“ der Leitfaden zu dieser OIB-Richtlinie anzuwenden ist (OIB-Richtlinie 1 2019 S.2). Die dort beschriebenen Anforderungen hängen vor allem vom Einfluss auf das Zuverlässigkeitsniveau des Bauwerks zum aktuellen und zum Zeitpunkt der Erbauung bzw. Baubewilligung ab. Abweichungen vom aktuellen Stand der

Technik, also von modernen Anforderungen an Neubauten, sind zulässig, sofern die bei der Erbauung erforderliche Zuverlässigkeit erhalten bleibt. Das ursprüngliche Niveau darf nicht verschlechtert werden, außer wenn das heute geforderte Niveau unter dem historischen liegt (OIB Richtlinie 1 Leitfaden S.4). Diese Überlegung lässt sich auf die Keller übertragen. Während die Verwendung der Kellerröhren als Lagerraum bzw. landwirtschaftliches Gebäude bis auf sehr wenige Ausnahmen (z.B. Veranstaltungskeller) nicht verändert wurde, hat sich die Belastung auf einige Keller in den letzten Jahrzehnten deutlich erhöht. Die Zuverlässigkeit ist also gesunken. Daher ist laut dieser Richtlinie eine Prüfung dieser Keller erforderlich, insbesondere dann, wenn in den letzten Jahren der Schwerverkehr über den Kellern zugenommen hat oder anderweitig in das Tragsystem des Bodens um den Keller eingegriffen wurde. Ein Beispiel hierfür wäre eine nachträgliche Drainage des Bodens, Absenken oder Anheben des Grundwasserspiegels sowie das Verlegen von Leitungen. In weiterer Folge verweist der Leitfaden zur Richtlinie nur noch auf Hochbauten und häufige Umbaumaßnahmen an diesen und bietet daher keine weiteren Informationen zum Umgang mit den unterirdischen Röhren. Für Nachweise an bestehenden Bauwerken wird die ÖNORM B 4008-1:2018 „Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Tragwerke – Teil 1: Hochbau“ genannt. Obwohl es sich bei einem Keller sinngemäß nicht um einen Hochbau handelt, soll dennoch geprüft werden, ob sich die Grundzüge der Norm auf dieses Problem anwenden lassen. Um die Tragfähigkeit eines Bauwerks

rechnerisch zu bestimmen, soll im ersten Schritt ein bestehendes Tragwerk nach aktuellem Normenstand nachgewiesen werden. Dies gestaltet sich insofern schwierig, da Weinkeller, wie sie im Weinviertel häufig vorkommen, ein historisches und regionales Phänomen sind und daher in keiner aktuellen Norm explizit angeführt werden. Um dennoch eine Orientierung zu erhalten, wurde die Recherche in Gebieten außerhalb des Hochbaus fortgesetzt, wo zu den Kellern ähnliche Bauwerke auftreten.

Der Eurocode 7 beinhaltet Regeln zur Bauwerksgründung, Böschungssicherung und zu Stützbauwerken, sowie allgemeine Anforderungen zur Modellbildung und Nachweisführung im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Keller und unterirdische Gewölbe werden darin ansonsten nicht erwähnt. Für komplexe, geotechnische Problemstellungen wird die Verwendung numerischer Methoden empfohlen, daher kann diese Nachweisführung für Keller angewandt werden. In 3.5 ist mehr zur numerischen Berechnung von Kellerröhren zu finden. Um sicher alle Bereiche abzudecken wurde die Recherche noch fortgesetzt. Keller ohne Gewölbe stellen eine Art Stollen dar und könnten daher in Normen zum Bergbau aufscheinen. Händisch gegrabene Gänge ohne Sicherung im Lockergestein stellen aber nicht den Stand der Technik dar und sind daher auch in keiner ÖNORM vertreten. Dasselbe Ergebnis liefert auch eine Recherche zum Tunnelbau, wo Tunnel im Lockergestein nur mit aufwändiger Sicherung ausgeführt werden. Nachdem die nicht ausgebauten

Keller also nur mittels numerischer Methoden nachgerechnet werden können, sollen nun noch Keller mit Gewölbe genauer untersucht werden. In der ÖNORM B 1996-1-1:2016 07 01, der europäischen Norm zum Mauerwerksbau, sind keine Informationen zu Kellergewölben zu finden. Sie liefert lediglich die Bedingung, dass unterirdisches Mauerwerk keine Schäden durch den ständigen Bodenkontakt erleiden darf (ÖNORM B 1996-1-1:2016 07 01 S.49). Die nächste Stufe nach ÖNORM B 4008-1:2018 stellt ein „Nachweis nach altem Normenstand“ dar. Da Keller aber landwirtschaftliche Bauten sind, welche von den ortsansässigen Bauern ohne theoretische Fachkenntnisse hergestellt wurden, gibt es dazu auch keine historischen Richtlinien (Alte NÖ Bauordnung 1883). Die dritte Möglichkeit ist die „qualitative Bewertung der Tragfähigkeit“, damit kann jedoch nur eine grobe Aussage über den aktuellen Zustand getroffen werden (ÖNORM B 4008-1:2018 S.10), aber nicht über Veränderungen durch besondere Einwirkungen wie Starkregen oder erhöhte Verkehrslasten. Zuletzt bleibt noch die „experimentelle Tragfähigkeitsbewertung am Bauwerk“. Man könnte zwar theoretisch Traglastversuche an nicht mehr gebrauchten Kellerröhren durchführen, da sich aber die Überdeckungshöhe, die Größe und Form und der umgebende Boden der meisten Keller innerhalb eines gewissen Rahmens unterscheiden, kann auch so keine Angabe zur Tragfähigkeit eines Kellers gemacht werden.

Es bleibt also auch für Keller mit Gewölbe nur die Möglichkeit der Anwendung einer

numerischen Berechnungsmethode, die dem Stand der Technik entspricht. Für einzelne, besonders gefährdete Objekte sollte ein möglichst realitätsnahes, geotechnisches Modell gebildet werden, in welches realitätsnahe Kennwerte einfließen. Diese Werte könnte man vorher experimentell an Proben, welche direkt aus dem Boden um die Röhre stammen, bestimmen. Genaueres zu der Bewertung mittels finite Elemente Methode ist in Kapitel 3.5 zu finden.

Obwohl in modernen Normen keine näheren Informationen über ungesicherte Stollen oder unterirdische Gewölbe in Sedimentböden zu finden sind, besitzt der Löss dennoch die bemerkenswerte Fähigkeit über Jahrhunderte standhafte Hohlräume zu halten. Die Eigenheiten dieses Sediments sind in der Modellierung unbedingt zu berücksichtigen, insbesondere seine Empfindlichkeit gegenüber Wasser. Es folgen detaillierte Informationen über diesen besonderen Boden.



Abbildung 33: Keller ohne Ausbau mit Ausbrüchen im Firstbereich bei Fallbach, Quelle: NÖ Straßendienst

3.3 Besonderheiten von Löss und Lösslehm

Der Großteil des Weinviertels ist von mächtigen Sedimentschichten bedeckt. Die Korngrößen der auftretenden Sedimentböden sind variabel, es sind sowohl Kiese, als auch Tone und alle Abstufungen dazwischen zu finden (vgl. Abbildung 5 und 6, Kapitel 1.3.1). In weiten Bereichen sind diese Sedimente von Lössschichten überlagert. Löss eignet sich aufgrund seiner Eigenschaften optimal für den Weinbau und Ackerbau. Er kann einerseits Feuchtigkeit speichern und somit auch in längeren Trockenperioden die Pflanzen mit ausreichend Wasser versorgen, andererseits kann er durch seine Durchlässigkeit auch überschüssiges Wasser ableiten und somit ein Verfaulen der Wurzeln verhindern (Stadler 1916 S.6). Eine weitere essentielle Eigenschaft von Löss ist seine gute Bearbeitbarkeit von Hand, was besonders vor der Industrialisierung der Landwirtschaft von entscheidender Wichtigkeit war. In der Nähe der Weinriede wurden üblicherweise die Presshäuser und Weinlager angelegt, um möglichst kurze Transportwege zu erhalten. Die Kellerröhren wurden dabei zumeist händisch in Böschungen oder Hohlwegwände hineingegraben und je nach Verfügbarkeit von gebrannten Ziegeln oder Naturstein mit einem Gewölbe ausgemauert oder auch frei stehen gelassen.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch auf sandigen und kiesigen Böden und zum Teil sogar auf felsigem Untergrund Weinbau betrieben wurde und immer noch wird

(Anwander 2002), jedoch gibt es eine auffällige Korrelation zwischen dem Vorkommen von Löss und der Anzahl an Weinkellern und Kellergassen in diesen Gegenden. Dieser Zusammenhang zeigt sich besonders gut in der in Abbildung 34 auf Seite 44 dargestellten Karte von G. Eßer aus dem 2020 herausgegebenen Buch „Kulturlandschaft der Kellergassen“.

Daher soll in diesem Kapitel auch nur der Löss in Bezug auf seine Festigkeit und Tragwirkung analysiert werden. Auf sämtliche Böden, auf denen Weinreben kultiviert werden und auf denen sich daher auch Weinkeller befinden können, und auf deren technische Eigenschaften einzugehen, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Dennoch können einzelne Aspekte der Arbeit auch für andere Untergründe interessant sein, wie etwa die numerische Berechnung oder auch die Empfindlichkeit der Röhren gegenüber Wasser. In Retz, wo eher sandige Böden vorherrschen, gibt es ebenfalls Probleme mit unbekanntem Kellern und Wasserleitungsschäden, da diese sandigen Böden nur durch scheinbare Kohäsion bei bestimmten Wassergehalten standhafte Hohlräume bilden können. Daher können bestimmte Versagensmuster im Zusammenhang mit Wasser, wie sie beim Löss bekannt sind, auch bei sandigen Böden beobachtet werden.

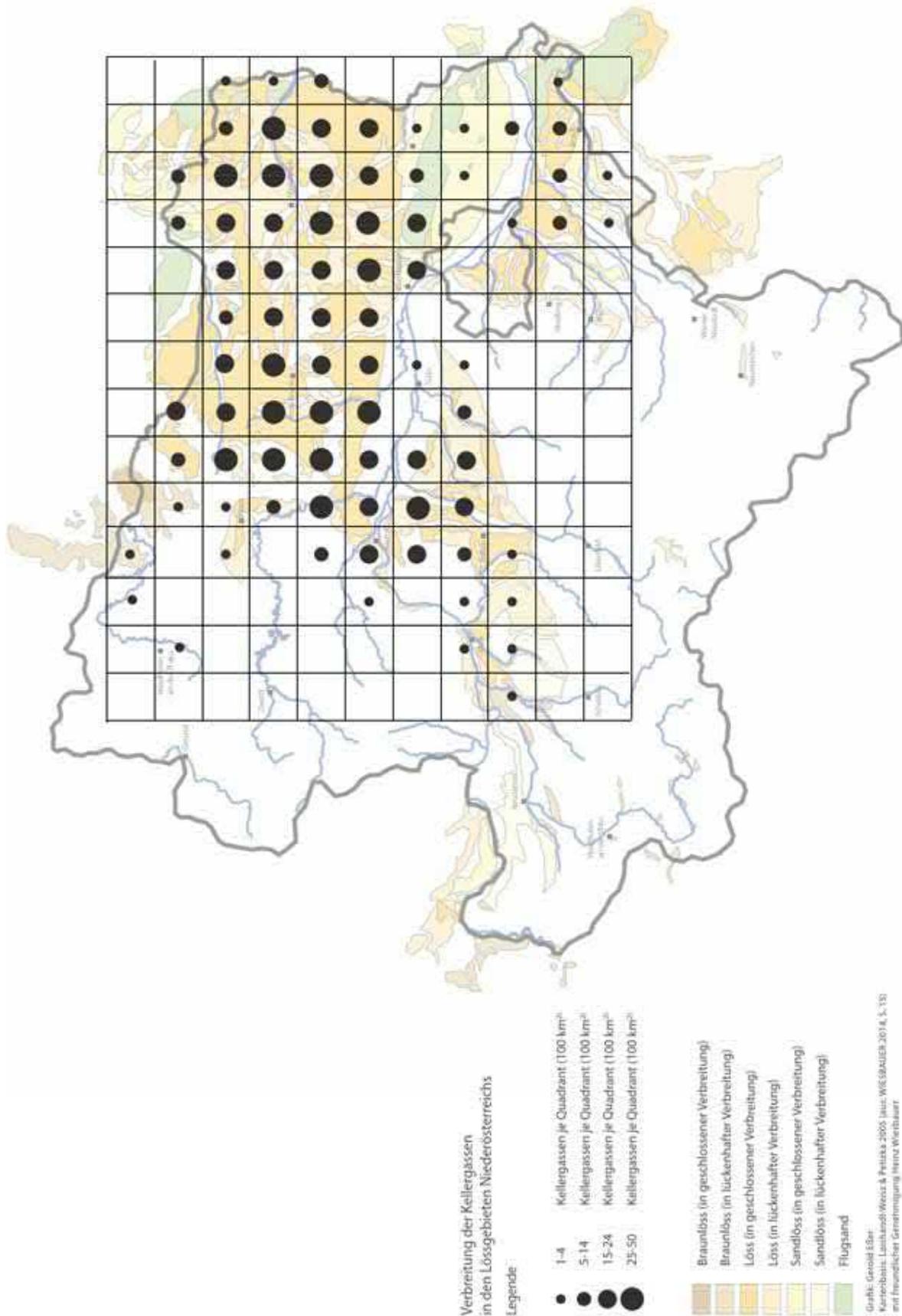


Abbildung 34: Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Löss und Kellergassen, Quelle: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen, Verlag Berger, Wien-Horn 2020, Vorsatz (Kartenbasis aus Wiesbauer, Heinz/ Zettel, Herbert: Hohlwege in Lößterrassen in Niederösterreich. St. Pölten 2014 S.15 unter Verwendung einer Grafik von Loiskandl-Weisz & Petitzka 2005) mit freundlicher Genehmigung von Gerold Eßer



Abbildung 35: Bodenprofil in einem Keller in Stronsdorf mit unterbrochenen Lössschichten;
Quelle: NÖ Straßendienst

In seinen Untersuchungen zu den Festigkeitseigenschaften von Löss teilt H. Gorhan 1967 den allgemein als Löss bezeichneten Boden in Anlehnung an J. Fink in 4 Untergruppen auf: Trockener Löss, echter Löss, feuchter Löss und Staublehm; Außerdem erwähnt er auch Proben aus Kalkanreicherungs-horizonten und Verlehmungszonen, wobei letztere den Lösslehm enthalten. Der von Gorhan veröffentlichten Karte (Gorhan 1967, S.406, Abbildung 1) sowie den in den Untersuchungen angeführten Bodenprofilen ist zu entnehmen, dass für das Weinviertel vor allem der trockene Löss, der echte Löss und in geringerem Ausmaß auch der Lösslehm Relevanz besitzen. Diese werden nachfolgend beschrieben.

Über den echten Löss schreibt Gorhan: „Dieser hat im naturfeuchten Zustand einen guten Zusammenhalt und kann dann auch leicht mittels einer Schaufel aus einer Lößwand „herausgeschnitten“ werden. Im

Handstück bricht er meistens prismatisch mit glatten Flächen und ist im Übrigen weder klebend noch plastisch.“ (Gorhan 1967 S.407) Kennzeichnend für den echten Löss sind auch mit Kalzit gefüllte Röhrrchen, welche als Folge der Durchwurzelung der Lössböden entstanden. Nach dem Absterben der Pflanzen und ihren Wurzeln sammelte sich in den verbliebenen Hohlräumen der durch Regenwasser aus dem Boden gelöste Kalk und kristallisierte schließlich an den Wänden der Wurzelröhrrchen aus.

Der trockene Löss besteht hingegen aus mehr oder weniger losen Einzelkörnern. Er besitzt einen deutlich geringeren Zusammenhalt als der echte Löss. Betrachtet man den trockenen Löss als Feinschliff unter dem Mikroskop, so erkennt man, dass die einzelnen Mineralkörnchen nicht durch ein Kalzitgefüge miteinander verkittet sind und ihre Anordnung auch nicht eingeregelt ist. Im Gegensatz dazu sind beim echten Löss die Kontaktstellen der Körner mit Kalzitkristallen verklebt. Zusätzlich kommt noch die verkittende Wirkung von Eisenhydroxiden hinzu, welche für die typische gelb-bräunliche Färbung von Löss sorgen.

Die Lössarten haben einen variablen Kalkgehalt von etwa 12-20% beim echten Löss und 12-34% beim trockenen Löss. Die Unterschiede in den Eigenschaften der beiden Lössarten ergeben sich vermutlich aus den klimatischen Bedingungen bei der Sedimentation. Bei der Ablagerung des echten Löss dürfte eine höhere Feuchtigkeit dafür gesorgt haben, dass bereits während seiner Entstehung mehr Kalk herausgelöst wurde und zum Teil ausgeschwemmt

worden ist, während der restliche Kalk für die Verkittung der Mineralkörner sorgte. Die Korngrößenverteilung beider Lössarten ist dem schluffigen Lehm oder Schluff zuzuordnen, bei einem Korngrößenmaximum von rund 30-60 μm (Gorhan 1967 S.408).

Lösslehm entsteht als Verwitterungsprodukt von Löss und enthält praktisch kein Kalzit mehr, da dieses ausgeschwemmt wurde. Stattdessen wurden Tonminerale eingelagert, daher ist die Korngrößenverteilung beim Lösslehm auch dem tonig-schluffigen Lehm zuzuordnen. Im erdfeuchten Zustand besitzt der Lösslehm eine plastische, leicht klebende Konsistenz und eine rötlich-braune Farbe. In der Natur sind die verschiedenen Lössarten oft auch nebeneinander oder übereinander geschichtet zu finden, so entstehen fließende Übergänge zwischen den verschiedenen Eigenschaften. Gorhan führte in seinen Untersuchungen zu den Festigkeitseigenschaften von Löss verschiedenste Versuche durch, um nicht nur Aussagen über reine Messwerte, sondern auch über die Zusammenhänge derselben treffen zu können. So wurde neben der Bestimmung der Druckfestigkeit mit und ohne behinderter Seitenausdehnung und Scherversuchen bei verschiedenen Wassergehalten auch der Kalkgehalt untersucht und die Atterberg'schen Zustandsgrenzen bestimmt. Die ermittelte Druckfestigkeit zeigte im Versuch mit unbehinderter Seitendehnung, bei welchem Proben in Tiefenrichtung des gewachsenen Bodens und im rechten Winkel dazu belastet wurden, keine

erkennbare Abhängigkeit von der Belastungsrichtung. Neben Druckversuchen an erdfeuchten Proben wurden auch einige Versuche an lufttrockenen Proben mit einem Wassergehalt von 1-2% durchgeführt. Während die erdfeuchten, echten Lössproben eine Druckfestigkeit von ca. 0,07-0,16 N/mm^2 erreichten, konnte bei den getrockneten Proben eine Spannung von rund 0,7-1 N/mm^2 aufgebracht werden. Dabei erzielte der echte Löss eine um durchschnittlich 70% höhere Festigkeit als der trockene Löss (Gorhan 1967 S.412ff.).

Im Druckversuch bei behinderter Seitendehnung im Kompressions-Durchlässigkeitsapparat nach A. Casagrande wurden die Proben zunächst im erdfeuchten Zustand eingebaut und belastet. Bevor sie wieder entlastet wurden, setzte Gorhan sie unter Wasser. Dabei konnte er bei allen Proben in verschiedenem Maße einen Zusammenbruch des Gefüges beobachten. Am wenigsten wurde der Lösslehm vom Wasser beeinflusst, beim trockenen Löss zerbrach das Korngefüge schon bei geringer Belastung. Beim echten Löss kam es ebenso zum Zusammensacken der Proben, wobei eine Probe gegen Ende der Entlastung noch deutliches Schwellen, ausgelöst durch Tonminerale, zeigte (Gorhan 1967 S.412).

Eine Studie zum Löss in China untersuchte auch die Zugfestigkeit an mehreren Proben verschiedener Lössstypen. Im Drei-Punkt-Biegeversuch wurden Festigkeitswerte von 0-0,22 N/mm^2 gemessen. Dabei zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Trockendichte des Löss sowie dem Wassergehalt. Je trockener die Proben waren und höher ihre Dichte war, umso

höher war auch die gemessene Zugfestigkeit (Y.Li/Zhao/B.Li 2018). Die vorhandene Zugfestigkeit ist zwingend notwendig für den Zusammenhalt des Bodens im Firstbereich der Kellerröhren. Ohne sie würde der Boden herausrieseln und eine standfeste Röhre wäre nicht möglich.

Ein weiterer Versuch von Gorhan, der dabei hilft das Tragverhalten von Kellerröhren zu verstehen, ist die Bestimmung der Scherfestigkeit von Löss bei unterschiedlichen Wassergehalten. In diesem Versuch verwendete er ein Kastenscherggerät nach A. Casagrande an ungestörte Proben. Dabei konnte er zeigen, dass der innere Reibungswinkel bei allen Proben vom trockenen Löss, echten Löss und Lösslehm bei Zugabe von Wasser sofort stark absinkt. Als Beispiel soll hier die Probe „Stillfried 1“ vom echten Löss angeführt werden, da sie in etwa den Mittelwert der Proben am echten Löss darstellt. Bei einem Wassergehalt von unter 2% gibt Gorhan für den Reibungswinkel ϕ einen Wert von rund 38° an. Bei Erhöhung des Wassergehaltes auf ca. 4-5% beträgt der Reibungswinkel nur noch rund 27° . Beim trockenen Löss erhielt Gorhan ähnliche, jedoch weniger stark ausgeprägte Ergebnisse. Bei Wasserzugabe sank außerdem die gemessene Kohäsion des echten Löss deutlich ab, wenn auch weniger steil als der Reibungswinkel. Bei dem vorher erwähnten Beispiel „Stillfried 1“ gab Gorhan die Kohäsion vor der Wasserzugabe mit einem Wert von $1,2 \text{ kg/cm}^2$ an, bei 4-5% Wassergehalt mit rund 1 kg/cm^2 und bei $w=22\%$ erreichte der Wert mit $0,1 \text{ kg/cm}^2$ ein verschwindend geringes

Maß. Dazu sei gesagt, dass echter Löss seine Fließgrenze bei einem Wassergehalt von rund 30% besitzt, ein Versagen von Hohlräumen oder auch senkrechten Wänden kann also bereits vor dem Erreichen dieser Grenze auftreten, wenn die erforderliche Festigkeit überschritten wird. Etwas weniger stark ist der Abfall des Kohäsionswertes beim trockenen Löss, dieser weist auch im trockenen Zustand kaum Kohäsion auf. Beim Lösslehm kann auch ein dem Löss ähnliches Verhalten beobachtet werden, sowohl Reibungswinkel, als auch Kohäsion sinken bei der Zugabe von Wasser sehr deutlich, jedoch erst bei höheren Wassergehalten als beim Löss. Aus diesen Ergebnissen schlussfolgert Gorhan, dass es sich bei der gemessenen Kohäsion vorrangig nur um eine scheinbare Kohäsion handeln kann. Er verweist dabei auf die Unterscheidung in echte und scheinbare Kohäsion nach K. Terzaghi 1961, wobei es sich bei der echten Kohäsion um eine physikalische Adhäsion durch elektrostatische Kräfte handelt, während die scheinbare Kohäsion eine Folge von Kapillarkräften ist, welche durch die Oberflächenspannung des Porenwassers entstehen. Diese Zugkräfte in den feinsten Poren, die das Material zusammenhalten, gehen verloren, sobald das Gefüge mit Wasser gesättigt ist. Ganz ausschließen kann man die echte Kohäsion aber nicht, da in einem Trocknungsversuch mit einem Differential-Thermo-Analyse-Gerät gezeigt wurde, dass auch bei heißeren Temperaturen eine gewisse Restkohäsion bleibt (Gorhan 1967 S.416). Als Hauptursache für die Scherfestigkeit der Löss sieht Gorhan die innere Reibung,

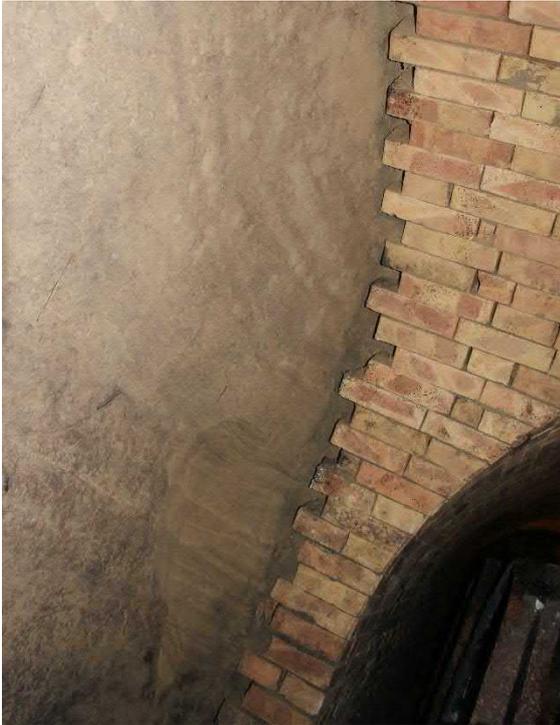


Abbildung 36: Abschluss eines Seitengangs einer gewölbten Kellerröhre in Martinsdorf, eigene Abbildung

welche durch das sperrig angeordnete Gefüge der Mineralkörnchen entsteht und durch die dazwischen befindlichen Kalzitkristalle noch verstärkt wird. Er schreibt: „Mit Hilfe dieser Ergebnisse konnte nun an die nächste Frage herangegangen werden, wodurch nämlich die relativ große Standfestigkeit des Lösses erklärt werden könnte, d.h. sein Vermögen, senkrechte Böschungen zu bilden. Diese letztgenannte Eigenart ist aber nur bei den trockenen bzw. echten Lössen zu beobachten.“ (Gorhan 1967 S.423) Er erwähnt in seiner Schlussfolgerung die Beobachtung, dass in den Löss gegrabene Keller am First genauso halten wie an den Seitenwänden, was für ihn noch einmal die Richtungsunabhängigkeit der Lössfestigkeit bestätigt. Vergleicht man seine Feststellungen nun mit Beobachtungen an Lösskellern im

Weinviertel, so bestätigt sich klarerweise die Aussage, dass Löss standsichere, senkrechte Wände und Hohlräume bilden kann. Dieser Umstand wurde häufig im Bau der Keller ausgenutzt, indem beispielsweise die Stirnseite der Röhre nicht vermauert sondern frei stehen gelassen wurde, siehe Abbildung 36. Zum Teil wurden die Röhren auch gänzlich ohne gemauertes Gewölbe belassen, da gebrannte Ziegel vor allem vor dem 20. Jahrhundert für die ländliche Bevölkerung nicht immer leistbar waren. Sehr alte, gewölbte Keller befanden sich meist im Besitz der Kirche oder Adeliger (Schmidbauer 2020 S.73).

Durch die tiefe Lage der Keller mit Überdeckungen von durchschnittlich 3 bis 6 m wird der den Keller umgebende Boden nur wenig von Regenereignissen an der Oberfläche beeinflusst. Wird das natürliche Gleichgewicht in der Tiefe jedoch durch äußere Umstände beeinflusst, so kann es zum vermehrten und ungleichmäßigen Eindringen von Wasser und damit zum Festigkeitsverlust des Löss kommen. Ebenso werden Keller mit geringerer Überdeckung stärker durch Regenereignisse beeinflusst. Grundsätzlich sind der echte und der trockene Löss porös und insbesondere der echte Löss kann durch die kleinen, fossilen Wurzelkanäle Wasser gut ableiten. Kommt es jedoch zum Wasserüberschuss, so kommt es mehr oder weniger schlagartig zum Ausbrechen prismatischer Körper. (Gorhan 1967 S. 424) Dieser Versagensmechanismus konnte auch in Bezug auf die Kellerröhren bestätigt werden, da das Ausbrechen kantiger Brocken aus dem First bereits mehrfach beobachtet wurde.



Abbildung 37: Voluminöser Ausbruch im Firstbereich, Quelle: NÖ Straßendienst

Dokumentierte Fälle zum Versagen der Kellerröhren sind in Kapitel 3.4.3 angeführt.

3.4 Bauformen und Lastabtragungsverhalten von Kellerröhren

Im Weinviertel sind vor allem 3 verschiedene Kellertypen zu beobachten:

- in den Löss gegrabene Gänge ohne Ausbau
- ausgemauerte Gewölbe aus Ziegel oder Naturstein und
- Mischformen, bei denen die Röhre in regelmäßigen Abschnitten durch Mauerwerksbögen gestützt ist (sogenannte Spargewölbe) oder wo nur Teilbereiche, zum Beispiel ein größerer Lagerraum am Ende des Ganges, ausgemauert wurden.

Zur letzten Gruppe werden in dieser Arbeit auch alle sonstigen Formen gezählt, wie zB. teilweise ausbetonierte Gänge oder solche, in denen nur die Seitenwände gemauert sind, die Kalotte aber nur aus anstehendem Boden besteht. Das Tragverhalten dieser Mischformen kann zumindest bereichsweise entweder der Form ohne Ausbau oder der gewölbten Form zugeordnet werden, daher wird es nicht näher analysiert und muss im Einzelfall näher betrachtet werden.



Abbildung 38: Teilweise gewölbter Keller, Quelle: NÖ Straßendienst

3.4.1 Keller ohne Ausbau

Aufgrund der hohen Standfestigkeit der anstehenden Lehm- oder Lössböden konnte vielerorts zumindest der Abgang in die Kellerröhre ohne Ausbau belassen werden. Die damaligen Weinbauern gruben die Kellerröhren mit Spaten direkt ins Erdreich ohne aufwändige Stützmaßnahmen anzuwenden, was sowohl kostengünstig war, als auch eine Zeitersparnis brachte.



Abbildung 39: Bearbeitungsspuren im Löss am Ende einer Kellerröhre, eigene Abbildung



Abbildung 40: Standhaftes Gewölbe ohne Ausbau bei Kottingneusiedl, eigene Abbildung



Abbildung 41: Einwuchs im Firstbereich, eigene Abbildung

Die Dauerhaftigkeit dieser Hohlräume hängt von mehreren Faktoren ab. Einerseits von der lokalen Bodenqualität, die auch innerhalb der Kellerröhre stark schwanken kann, andererseits auch von den äußeren Umständen, wie beispielsweise ob der Kellerzugang vor der Witterung geschützt ist, ob sich die Auflast im Laufe der Zeit verändert und welches Klima vor Ort

herrscht.

Bei kreisrunden Öffnungen wie Stollen oder Tunnel verschwinden die Druckspannungen über dem Firstbereich, während die vertikalen Spannungen seitlich neben der Röhre durch die Umlagerung ansteigen. Für eine kreisförmige Lochung in einer unendlich ausgedehnten Scheibe unter Eigengewicht gibt Z. Taheri in „Statik von unterirdischen Hohlräumen und Tunnelbauten“ 2016 verhältnismäßig einfache Formeln an, mit welchen die Spannungen über der Öffnung nachgewiesen werden können (Taheri 2016 S.11ff.).

Kohäsionslose Böden würden durch ihr Eigengewicht aus dem First nach unten heraus fallen, die vorhandene Zugfestigkeit und Scherfestigkeit des verkitteten, ungestörten Löss sorgt aber dafür, dass die Röhre ihre Form behält. Aufgrund der niedrigen Zugfestigkeit ist der Firstbereich dennoch die größte Schwachstelle der Keller. Schwierigkeiten stellen außerdem Einwuchs von Wurzeln und Eintritt von Wasser dar, da der Löss im gesättigten Zustand seine Festigkeit verliert.

3.4.2 Keller mit Gewölbe

Im Weinviertel sind häufig Tonnengewölbe zu finden, deren Form annähernd einem halbierten Zylinder entspricht. Die Höhe der Kellerröhre wird über die Höhe der seitlichen, vertikalen Wände variiert, selten fehlen diese vollständig. Da die Keller ohne technische Hilfsmittel hergestellt wurden, entsprechen die Kalotten der meisten Keller keiner exakten Halb-Zylinderform, sie lassen sich aber gut durch diese annähern. Die

Gewölbe der Weinkeller bestehen aus dem zum Bauzeitpunkt verfügbaren Material, daher variieren sowohl die verwendeten Steine als auch die Mörtel. Neben verschiedenen Ziegelformaten wurde auch lokal vorhandener Naturstein verbaut. Bevor Zement für die einfache Bevölkerung in großen Mengen verfügbar war, wurden die unterirdischen Gewölbe genau wie die oberirdischen Wohnbauten mit Lehm vermörtelt. Je nachdem welcher Mörtel verwendet wurde, ist das Gewölbe wasserdurchlässig oder nicht.



Abbildung 42: Im unteren Bereich wurde Naturstein verbaut, die oberen Ziegel wurden mit Lehm vermörtelt; eigene Abbildung



Abbildung 43: Bei diesem 1942 mit Zement vermörtelten Kellergewölbe musste der Firstbereich bereits erneuert werden; eigene Abbildung

Auch bei Kellern mit Gewölbe trägt der Boden sich grundsätzlich selbst, da das Gewölbe nachträglich und spannungsfrei in die Röhre gebaut wurde. Lasten kommen nur auf das Gewölbe, wenn es zu Verformungen des Erdreichs kommt. Das Mauerwerk besitzt also nur eine unterstützende Wirkung und kann beispielsweise vor lokalen Ausbrüchen schützen. In seltenen, sehr massiv ausgeführten Gewölbeausbauten kann das Gewölbe auch die Haupttragwirkung übernehmen. Da jedoch bei den meisten Kellern nur eine Reihe Mauerziegel mit rund 12 cm Breite verbaut wurde, würde die Druckfestigkeit des Materials eine alleinige Tragwirkung nicht standhalten. Abhängig von der Belastung auf den Gewölbebogen stellt sich als Folge der Spannungsergebnissen eine Stützlinie ein. Solange diese die Kernfläche des Gewölbequerschnitts nicht verlässt, sind alle Fugen überdrückt. Auf Druck sind sowohl die Mauersteine als auch die Mörtel gut belastbar. Verlässt aber die Stützlinie die Kernfläche, treten Zugspannungen auf, welche zum Versagen des Gewölbes führen können (Göstl 2014). Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ein flächenmäßig geringer, jedoch massiger Ausbruch im Firstbereich auf das Gewölbe drückt. Die Wirkung ist vergleichbar mit einer Einzelkraft auf den Scheitel, es kommt zum Versagen. Als ideale Belastung für die Kreisbogenform gilt radial gerichteter, gleichmäßiger Druck (Göstl 2014). Da dieser durch den nachträglichen Einbau des Gewölbes kaum zustande kommt, kann ein Versagen von gewölbten Kellern zumindest im Zuge dieser Arbeit bis auf lokale, kleinere Ausbrüche nicht seltener

als jenes von frei gebliebenen Kellern verzeichnet werden.

3.4.3 Beobachtungen zu Versagensmechanismen

Neben den theoretischen Kenntnissen über die Versagensmechanismen bei Kellern sind auch praktische Beobachtungen von Bedeutung. Mithilfe dieser kann die Theorie bestätigt, ergänzt oder auch widerlegt werden. Daher sollen nun gut dokumentierte, praktische Fälle aus den letzten Jahren angeführt und mit den oben beschriebenen Eigenschaften der Kellerkonstruktion und des Bodens in Verbindung gebracht werden.

Fall Wultendorf

Beim ersten Beispiel handelt es sich um den in der Einleitung beschriebenen Vorfall in Wultendorf, wo eine Kellerröhre während Arbeiten der Straßenmeisterei unter dem LKW versagte. Die dortige Straße L20 wurde im Jahr 1983 erbaut und bereits damals wurde als Maßnahme wegen der bekannten Unterkellerung eine Betonplatte unter der eigentlichen Fahrbahn hergestellt. Die Platte war in etwa 15-20 cm dick und unbewehrt (siehe Abbildung 45) und die betroffene Kellerröhre befand sich rund 2 m unter der Fahrbahnoberkante. Wie konnte es also zu einem Versagen kommen? Nach der Bergung des LKW wurde erkennbar, dass es unterhalb der gebrochenen Betonplatte einen großen Hohlraum gab. Dieser war jedoch größer als es das Loch im freigelegten Gewölbe vermuten ließe. Im Inneren des Kellers befand sich bereits einiges an Bodenmaterial, das durch das

Gewölbeloch in die Röhre gelangt war. Das eigentliche Versagen des Kellers geschah also bereits vor dem Brechen der Betonplatte und der Zerstörung der Straße (Kaufmann 2017). Bei diesem Versagen könnte sowohl Wasser als auch die dynamische Belastung der Fahrbahn eine Rolle gespielt haben. In benachbarten Kellern wurde ebenfalls das Eindringen von Wasser bemerkt, Vibrationen könnten den Materialtransport verstärkt haben. Besonders interessant an diesem Fall ist, dass die unbewehrte Betonplatte erst unter der statischen Last des LKW infolge der Biegebeanspruchung zerbrach und nicht schon früher unter der Verkehrslast landwirtschaftlicher Transporte. Nachdem die zerbrochene Straßenkonstruktion im Bereich der Doppelröhre entfernt und mehrere Punkte im Firstbereich beider Röhren freigelegt waren, wurde im Zugang eine Schalung angebracht und der Hohlraum mit einem selbstverdichtenden, flüssigen Verfüllmaterial aufgefüllt. Dieses Material besitzt nur einen geringen Bindemittelanteil und erreicht so in etwa die Festigkeit und Steifigkeit des anstehenden Bodens. Mehr zu diesem Material ist in Kapitel 4.3.2 zu finden.

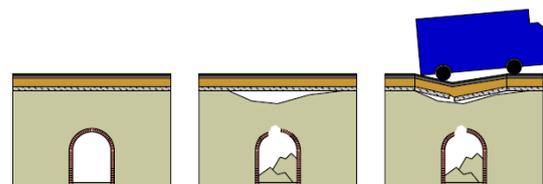


Abbildung 44: Schematische Darstellung der Situation in Wultendorf, eigene Abbildung



Abbildung 45: Der Hohlraum reicht bis unter die intakte Betonplatte, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 46: Das Loch im Gewölbe ist klein im Verhältnis zur transportierten Erdmasse, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 47: Das gestörte Bodengefüge wurde großzügig freigelegt um Setzungen nach der Sanierung zu vermeiden, Quelle: NÖ Straßendienst

Fall Stronsdorf

Ein weiterer Fall, der in dieser Arbeit bereits kurz erwähnt wurde, ist der Einsturz eines Kellers im Stronsdorfer Ortsgebiet. Zunächst hatte man gedacht, dass dort ein bekannter Keller eingestürzt war, beim Öffnen der Verbruchstelle kam jedoch ein vollkommen unbekannter Gang zum Vorschein (Bauer 2015). Die Besitzerin des Hauses, bei welchem der Keller sich befand, hatte bereits vor dem Einsturz um Verkehrsmaßnahmen gebeten, da sie vermutete, dass durch den Schwerverkehr über den Kellern Risse an ihrem Haus entstanden. Bei Stronsdorf befinden sich ein Müllentsorgungsunternehmen, ein Bau- und ein Transportunternehmen, daher tritt dort verstärkter LKW-Verkehr auf. Sie hatte in ihrem Schreiben auch auf die verzweigten Keller in Stronsdorf hingewiesen (Schwendenwein 2015). Auch der Vergleich mit dem Franziszeischen Kataster zeigt, dass entlang der L35 früher Weinkeller waren, wo sich heute zum Teil Wohnhäuser befinden. Es könnten sich dort also noch mehr versteckte Keller ohne Zugang befinden. Als Maßnahme wurde im betroffenen Bereich eine Geschwindigkeitsbegrenzung gesetzt. 2015 kam es zum Versagen des Kellers im Randbereich der Straße, was sich durch ein kleines Loch im Asphalt bemerkbar machte. In diesem Fall war der Hauptgrund für das Versagen wahrscheinlich die regelmäßige dynamische Beanspruchung, wobei auch direkt bei der Verbruchstelle ein Kanal verlegt worden war, der das natürliche Bodengefüge und dessen Tragfähigkeit zusätzlich schwächte (Bauer 2015). Dieser Hohlraum wurde unterhalb der Straße

ebenfalls mit dem selbstverdichtenden Verfüllmaterial gesichert. Erschwerend kam hinzu, dass die Größe des vorhandenen Hohlraums nicht vollständig bestimmt werden konnte, da nicht der gesamte Keller begangen werden konnte. Um möglicherweise angrenzende Keller nicht zu beschädigen, wurde eine Füllgeschwindigkeit von 30 cm pro Tag und eine Zugabe von 50 kg Zement je m³ empfohlen.



Abbildung 48: Fahrbahnschaden zufolge Kellereinbruch in Stronsdorf, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 49: Verfüllen des Kellers in Stronsdorf, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 50: Ein fließender Übergang zwischen Kellern und Wohnhäusern in Stronsdorf mit Geschwindigkeitsbegrenzung an der L35, eigene Abbildung

Fall Martinsdorf

Ein anderer, interessanter Fall ereignete sich 2016 in Martinsdorf. Bei einem seiner regelmäßigen Besuche im Keller entdeckte der Besitzer einen Erdhaufen in einer der beiden zu seinem Keller gehörenden Röhren. Auch einige Ziegel im Firstbereich fehlten, darüber klappte ein Loch. Vom Presshaus aus betrachtet lag der Schaden nah am gegenüberliegenden Straßenrand, an der Oberfläche war noch nichts zu erkennen. Bei der statischen Zustandsbewertung 2015 war der Keller noch mit Zustand 1 bewertet worden, durch den Ausbruch hätten jedoch schwere Verletzungen verursacht werden können. Der Kellerbesitzer vermutet die Ursache in einem Loch, das entstand, nachdem am Straßenrand ein Schild entfernt wurde. So konnte der Boden durch die Lehmfugen des Gewölbes hindurch gewaschen werden und nach dem Versagen der Fugen im Firstbereich ungehindert ausbrechen. Der Schaden konnte durch das frühzeitige Erkennen repariert werden und der Keller wurde im Zuge dieser Arbeit besichtigt (Edelhofer 2020).



Abbildung 51: Kreuzungsbereich zweier Röhren mit Böhmischem Platzl mit Zustand 1, eigene Abbildung



Abbildung 52: Übergangsbereich zwischen neuem und älterem Teil des Kellers in Martinsdorf, eigene Abbildung

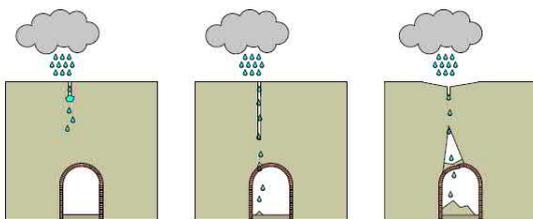


Abbildung 53: Schematische Darstellung der Situation in Martinsdorf, eigene Abbildung

Fall Poysdorf

Zuletzt soll noch ein Vorfall von 2015 in Poysdorf beleuchtet werden, bei dem eindeutig Wasser als Schadensursache identifiziert werden konnte. Im Bereich der Berggasse war die öffentliche Wasserleitung gebrochen, wodurch es zu massiven Wasseraustritten kam. Der Schaden zeigte sich vor allem hangabwärts, wo es zum Eindringen des Wassers und Ausspülungen bei zwei zu verschiedenen Liegenschaften gehörenden Kellerröhren kam. Durch den Eintrag von Material in die Kellerröhre sackte der Boden oberflächlich nach, wodurch es zu Schäden am Kanal und der Brunnengasse kam. Es entstand ein Krater mit einer Größe von rund 6 m Durchmesser und 5 m Tiefe. Die beschädigten Keller hatten eine besonders hohe Überlagerung von rund 6-8 m, was einer deutlich größeren Tiefenlage der Röhre entspricht als es beim Großteil der in dieser Arbeit untersuchten Objekte der Fall ist. Trotz dieser mächtigen Erdschicht kam es zum Wassereintritt, was nur durch eine gute Drainagewirkung des Bodens möglich war. Nach der Sicherung des Schadensbereiches wurde ein statisches Gutachten für die beiden Keller erstellt. Bei beiden Kellern musste ein abzweigender Seitenkeller verfüllt werden, da eine wirtschaftliche Sanierung nicht möglich war. Bei einem der beiden Objekte musste auch ein Teil des Hauptkellers verfüllt werden. Die Kosten für die Wiederherstellung bzw. Sicherung der Keller wurden an die Versicherung der Stadtgemeinde Poysdorf weitergegeben (Gutachten I&K GesmbH 2015).



Abbildung 54: Mittig im Bild: die gebrochene Wasserleitung, links unten: das Loch in der Kellerröhre, Quelle: Martin Gotsch

3.5 Einzelfallbeurteilung mittels Finite Elemente Berechnung

Nachdem die meisten Keller auch unter Straßen über viele Jahre ohne erkennbare Schäden bestehen, bietet es sich an, nur besonders gefährdete Keller rechnerisch genauer zu untersuchen. Diese Keller könnten solche unter stark befahrenen Straßen mit hohem Schwerverkehrsanteil oder mit besonders geringer Überdeckung sein. Auch nach Kanalarbeiten oder bei geplanter Aufstellung eines Mobilkrans etc. kann eine genauere statische Untersuchung sinnvoll sein. Die ÖNORM B 1997-1-1:2013 09 01 ermutigt im Anhang A explizit zur Verwendung numerischer Verfahren: „Ihre Anwendung wird für komplexe Aufgabenstellungen empfohlen, da sie Informationen liefern, die mit konventionellen Methoden nicht gewonnen werden können (z.B. realistischere Verformungs- oder Bruchbilder).“ (ÖNORM B 1997-1-1:2013 09 01 S.32) Dabei wird betont, dass zur Anwendung numerischer Programme besondere Fachkenntnis und Einschulung in die verwendeten Programme

erforderlich ist. Außerdem sind die Ergebnisse grundsätzlich auf Plausibilität zu prüfen, da Ungenauigkeiten in der Modellbildung große Folgen in den Ergebnissen haben können und so beispielsweise Spannungsspitzen entstehen oder nahezu drucklose Bereiche dadurch Zugspannungen aufweisen können. Für die Kellerröhren bietet sich diese Nachweismethode besonders an, da sie anders als Stützmauern und Gründungen kaum in der Literatur zur Bemessung zu finden sind. Auch das Bruchverhalten des Löss mit seinen oft schollenartigen Ausbrüchen wäre schwer zu modellieren, es ergibt sich durch die numerische Berechnung mit realistischen Materialparametern ohnehin infolge der Berechnung (Boley 2019). Bei der numerischen Modellbildung ist zum Zweck der Vereinfachung im Vorfeld zu entscheiden, welche Eigenschaften essentiell für eine sinnvolle Darstellung des Problems sind. Nicht selten lässt sich die Realität auf ein ebenes oder rotationssymmetrisches Modell reduzieren. Ein Vergleich zwischen den in 3.4.1 angesprochenen, vereinfachten Berechnungen für Kreisrunde Stollen nach Taheri und einem Gutachten über die Belastbarkeit eines Kellers in Reintal (Hengl 2014) liefert die Erkenntnis, dass die Ergebnisse zwar sehr ähnlich sind, die händische Berechnung kann aber den gegenseitigen Einfluss zwischen Boden und Gewölbe nur mit sehr großem Aufwand berücksichtigen. Ist das numerische Modell einmal erstellt, können verschiedene Belastungssituationen bei verschiedenen

Bodeneigenschaften durchgerechnet werden.

Die Aussagekraft der FE-Berechnung hängt sowohl von der Modellbildung, als auch von der Interpretation der Ergebnisse ab. Bei dem in Abbildung 55 dargestellten Keller entstehen durch die Modellbildung sehr hohe Druckspannungen an den Ecken der Auflagerpunkte des Ziegelgewölbes. Diese werden in der Realität sofort abgebaut und treten daher nicht auf.

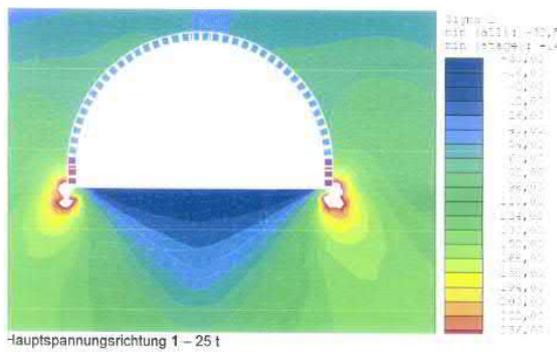


Abbildung 55: Vertikalspannungen, Ausschnitt aus einer FE-Berechnung für einen gewölbten Keller in Reintal, Quelle: NÖ Straßendienst

Aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Lössarten und weil die Lössschichten oft auch durch Verlehmungszonen oder Sandlinsen unterbrochen werden, sollten in die Modellierung realistische Werte einfließen. Dazu können Proben aus dem Boden um die Kellerröhre entnommen werden. Ist das Gewölbe ringsum durchgehend vermauert und ohne Zerstörung des Kellers auch aus dem Boden keine Probeentnahme möglich, so sollten in der Nähe des Kellers Bodenproben genommen werden und die gemessenen Festigkeitswerte entsprechend abgemindert werden, um Unsicherheiten zu berücksichtigen.



Abbildung 56: Tonklumpen im Löss mit teilweise oberflächlicher Salzkristallisation, eigene Abbildung

Im Fall der Bemessung in Reintal wurden für den Regelfall übliche Bodenkennwerte für Löss eingesetzt und anschließend noch zwei weitere Fälle mit abgeminderten Kennwerten berechnet. Das Ergebnis der Berechnung zeigte, dass Kraftfahrzeuge bis 3,5 Tonnen Gewicht keine Schäden am Keller verursachen, bei einem Fahrzeug mit 25 Tonnen wird jedoch die Festigkeit des Gewölbes überschritten. Daher wurde an dieser Stelle eine Gewichtbeschränkung auf 3,5 Tonnen erwirkt (Hengl 2014).

3.6 Monitoring als Lösung für nicht akut gefährdete Keller

Da eine rechnerische Prüfung wie in Kapitel 3.5 beschrieben sehr aufwändig ist und nur im Ausnahmefall nötig sein sollte, stellt sich die Frage, wie mit der großen Anzahl der Keller im Weinviertel entlang von Straßen umgegangen werden soll. An dieser Stelle soll das eigenverantwortliche Monitoring der Kellerröhren durch ihre Besitzer/Besitzerinnen vorgeschlagen werden. Kurzfristige Versagensmechanismen, wie beispielsweise der oben beschriebene Rohrbruch, können auch durch häufiges Begehen der Keller nicht verhindert werden. Langsame, sich durch kleinere Schäden ankündigende Versagensformen, zum Beispiel in Folge ansteigender, dynamischer Verkehrslasten, könnten aber rechtzeitig bemerkt werden. In tonhaltigeren Böden können durchaus auch plastische Verformungen entstehen, während in sandigeren Böden und trockenen Lössböden eher kleinformartige Ausbrüche oder veränderte Fugenbreiten im Gewölbe eine Überlastung des Tragsystems ankündigen. Denkt man an den Tunnelbau, so können diese Anzeichen lange noch mit freiem Auge nicht erkennbar sein. Dort werden verschiedene Monitoringsysteme sowohl im Bauzustand als auch im Betriebszustand verwendet, damit Berechnungen bei unsicheren Eingangswerten kontinuierlich geprüft werden. Während beim Tunnelbau ein wesentlich größeres Risiko besteht und

daher auch sehr genaue Messmethoden zum Einsatz kommen, reicht bei den Kellern, die hauptsächlich als Lagerräume genutzt werden, eine optische Aufnahme aus. Um kleinere Veränderungen sicher zu bemerken, sollte bei jeder Begehung des Kellers ein Bild aus dem gleichen Winkel und mit der gleichen Belichtung aufgenommen werden. Dabei könnte man sich an „Objektsicherheitsprüfungen in der Praxis, ÖNORM B 1300:2018 und ÖNORM B 1301:2016 richtig anwenden“ von Ivo Lagler, 2016 im Austrian Standards plus Verlag erschienen, orientieren.

Wie häufig eine solche Überprüfung und Bestandsaufnahme stattzufinden hat, muss jeder Kellerbesitzer/jede Kellerbesitzerin selbst entscheiden, um den Zweck des Monitorings zu erfüllen, sollte jedoch zumindest eine halbjährliche Aufnahme angestrebt werden.

Wenn schließlich Verformungen durch die Dokumentation festgestellt werden, kann entsprechend reagiert werden. Im nächsten Kapitel sind mögliche Optionen für den Schadensfall zu finden.

Um die Umsetzbarkeit dieser Methode zu testen wurden für diese Arbeit beispielhafte Monitoring-Aufnahmen in unserem Familienkeller, der unter einer Gemeindestraße verläuft, aufgenommen. Diese Aufnahmen sind im Anhang zu finden.



Abbildung 57: Luftbildaufnahme der L20 bei Wultendorf, Quelle: Christof Servit



Abbildung 58: Kellereinsturz nach einem Wasserleitungsbruch in der Berggasse in Poysdorf 2015, Quelle: Martin Gotsch

4 Handlungsoptionen im Schadensfall

4.1 Früherkennung von Schäden

Schäden an Kellern können in Abhängigkeit vom Versagensmechanismus unterschiedlich schnell auftreten. Bei solchen Fällen, wie dem oben beschriebenen Bruch der Ortswasserleitung, strömt in kurzer Zeit eine sehr große Wassermenge durch den Boden, sodass zwischen dem Auftreten der Versagensursache und dem Versagen selbst kaum Zeit bleibt um zu handeln. In den meisten Fällen bleibt so nur noch das Verfüllen der Röhre zur Sicherung, wenn das ausgeschwemmte Bodenvolumen entsprechend groß ist. Für präventive Maßnahmen ist es günstiger, wenn ein Schaden langsam auftritt, da dann einerseits die Schadensursache gesucht und behoben werden kann und andererseits mehr Handlungsmöglichkeiten bestehen bleiben. Vorausgesetzt, der sich langsam ankündigende Schaden wird rechtzeitig entdeckt. Je nachdem, ob der Besitzer/die

Besitzerin den Keller erhalten möchte, kann das Gewölbe saniert werden.

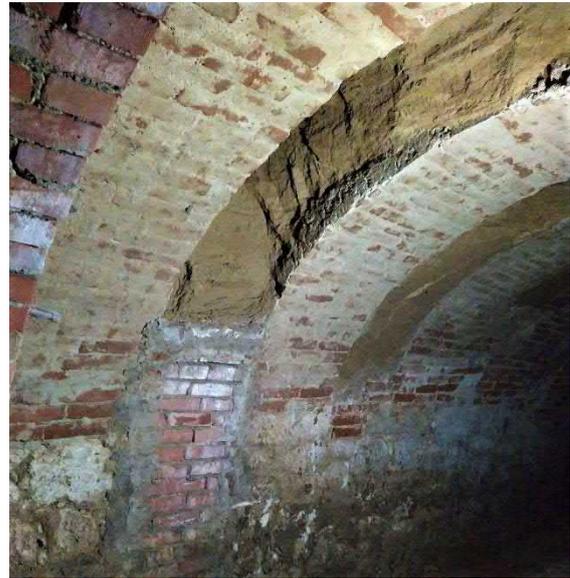


Abbildung 59: Bei Schäden an Spargewölben kann das Ergänzen und Hinterfüllen fehlender Gewölbeabschnitte sinnvoll sein, eigene Abbildung

Bei Kellern ohne Ziegelgewölbe besteht die Möglichkeit nachträglich ein Gewölbe einzusetzen oder auch eine Spritzbetonsicherung aufzubringen. Dabei stellt sich auch die Frage, ob jeder Keller einfach verfüllt werden darf, oder ob bei der Sanierung neben der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit noch weitere Anforderungen bestehen. In Niederösterreich wurden bereits Kellergassen unter Denkmalschutz gestellt. Eine solche Unterschutzstellung bringt Vorgaben für Bauvorhaben mit sich, da sowohl die zu verwendenden Materialien als auch bestimmte Bauformen für das Dach oder ähnliches vorgegeben werden können. Außerdem ist die Zerstörung und Veränderung geschützter Objekte verboten und eine Verfüllung entspricht in jedem Fall einer Zerstörung der Kellerröhre.

4.2 Keller im Denkmalschutz

Da die charakteristischen Weinviertler Kellergassen von kultureller Bedeutung für die Region sind und ebenso ein Zeitzeuge der geschichtlichen Entwicklung des Weinbaus sind, könnte ihre Erhaltung für zukünftige Generationen im Interesse der Öffentlichkeit liegen. Daraus folgt die Überlegung, ob das Denkmalschutzgesetz Anwendung findet:

„Die in diesem Bundesgesetz enthaltenen Bestimmungen finden auf von Menschen geschaffene unbewegliche und bewegliche Gegenstände (einschließlich Überresten und Spuren gestaltender menschlicher Bearbeitung sowie künstlich errichteter oder gestalteter Bodenformationen) von geschichtlicher, künstlerischer oder sonstiger kultureller Bedeutung („Denkmale“) Anwendung, wenn ihre Erhaltung dieser Bedeutung wegen im öffentlichen Interesse gelegen ist. Diese Bedeutung kann den Gegenständen für sich allein zukommen, aber auch aus der Beziehung oder Lage zu anderen Gegenständen entstehen. „Erhaltung“ bedeutet Bewahrung vor Zerstörung, Veränderung oder Verbringung ins Ausland.“ (§ 1. DMSG Abs.1)

Es ist also zu prüfen, ob im Fall der Keller öffentliches Interesse an der Erhaltung besteht.

„Die Erhaltung liegt dann im öffentlichen Interesse, wenn es sich bei dem Denkmal aus überregionaler oder vorerst auch nur regionaler (lokaler) Sicht um Kulturgut handelt, dessen Verlust eine

Beeinträchtigung des österreichischen Kulturgutbestandes in seiner Gesamtsicht hinsichtlich Qualität sowie ausreichender Vielzahl, Vielfalt und Verteilung bedeuten würde. Wesentlich ist auch, ob und in welchem Umfang durch die Erhaltung des Denkmals eine geschichtliche Dokumentation erreicht werden kann.“ (§ 1. DMSG Abs.2)

Diese Definition lässt Raum für Interpretationen und Diskussionen. Wodurch eine ausreichende Vielzahl, Vielfalt und Verteilung definiert ist, wird nicht näher beschrieben. Bei rund 37.000 Presshäusern in 181 Gemeinden (Schmidbauer 1990) dürfte aber die Vielzahl der Keller durch den Verlust einiger weniger Presshäuser oder Kellerröhren nicht unbedingt bedroht sein. Es besteht also vermutlich kein generelles, öffentliches Interesse an der Erhaltung einzelner Bauten. Anders dürfte die Situation sein, wenn ein ganzes Ensemble betrachtet wird. Zwar gibt es in Niederösterreich rund 1100 Kellergassen (Schmidbauer 1990), aber unter diesen stechen ein paar durch ihre Ursprünglichkeit und ihre besondere Anordnung hervor. Daher wurden in den 1980er Jahren zwei niederösterreichische und eine burgenländische Kellergasse per Bescheid unter Denkmalschutz gestellt. In den Begründungen zu den beiden in Niederösterreich liegenden Kellergassen wird das Arrangement der Bauwerke besonders betont. Dennoch wurde nicht, wie man vermuten könnte, das ganze Ensemble per Bescheid unter Denkmalschutz gestellt, sondern die einzelnen Presshäuser (Mahringer 2020).

Bereits im vorigen Jahrhundert wurde über die Bedeutung der Kellergassen als architektonisches Gesamtwerk nachgedacht (Frodl-Kraft 1974), ihre umfassende Unterschutzstellung wurde seitdem mehrfach diskutiert (Mahringer 2020).

Grundsätzlich wird im Denkmalschutz zwischen Denkmälern unterschieden, die kraft gesetzlicher Vermutung unter Schutz gestellt werden, durch Verordnung oder durch Bescheid. Da die Keller keine öffentlichen Gebäude sind, gilt die gesetzliche Vermutung für sie nicht (DMSG §2 Abs.1). Nachdem auch keine Unterschutzstellung durch Verordnung und bis auf ein paar Ausnahmen auch keine durch Bescheid erwirkt wurde, ist der Denkmalschutzaspekt also nur sehr wenige Keller relevant.

Es sei noch zu erwähnen, dass bei Gebäuden, welche unter Denkmalschutz stehen, Instandhaltungs- oder Sanierungsarbeiten immer in Absprache mit dem Bundesdenkmalamt durchgeführt werden müssen. Eine Ausnahme gibt es bei Gefahr im Verzug: *„Unbedingt notwendige Absicherungsmaßnahmen, die bewilligungspflichtige Handlungen im Sinne des Abs. 1 sind, können bei Gefahr im Verzug ohne vorherige Zustimmung des Bundesdenkmalamtes - jedoch bei gleichzeitiger Anzeige an dieses - getroffen werden.“* (§4 DMSG Abs.2)

Stürzt also ein Keller einer denkmalgeschützten Kellergasse ein, so dürfen Absicherungsmaßnahmen getroffen werden, auch wenn diese eine Verletzung des Denkmalschutzes darstellen würden.

Dabei ist darauf zu achten, ob eine Abstützung möglich ist, um die Option einer späteren Sanierung offen zu halten, welche nach der Verfüllung der Röhre nicht mehr möglich ist.

Auch bei sonstigen Umbaumaßnahmen und kleineren Änderungen ist grundsätzlich immer das Denkmalamt zu kontaktieren (§4, §5 DMSG).

4.2.1 Aktuelle Situation

Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit stehen laut der Liste der denkmalgeschützten Objekte in Niederösterreich nur die Presshäuser der zwei Kellergassen von Mailberg und Aspersdorf unter Schutz (BDA 2020). Weiters wurden laut dieser Liste noch weitere Gebäude außerhalb von Kellergassen im Weinviertel unter Schutz gestellt, oft angeführt als „Winzerhaus mit Presshaus“ oder ähnliches. Zu diesen Bauwerken gehört üblicherweise auch eine Kellerröhre, die auch unter einer Straße verlaufen kann. Diese geschützten Keller machen aber nur einen sehr geringen Teil der Gesamtmenge aus, daher können derzeit die meisten Keller ohne strenge, rechtliche Auflagen verfüllt werden, wenn sie deutliche Schäden zeigen oder nicht mehr erwünscht sind. Dennoch ist das Bewusstsein für das kulturgeschichtliche Erbe in den letzten Jahren gestiegen, was unzählige Veröffentlichungen (Eßer 2020, Leierer 2018) und Veranstaltungen aus diesem Bereich zeigen. Seit rund 20 Jahren kann man sich zum Kellergassenführer/zur Kellergassenführerin ausbilden lassen, etwa

650 Personen haben dieses Angebot bisher genutzt (Agrarplus.at 2020). Es wurden auch Alternativen zur Unterschutzstellung angedacht, wie eine Änderung des Flächenwidmungsplans in „Grünland Kellergasse“, um stillfremden Um- und Neubauten wie Wohnhäusern und Garagen in den Kellerzeilen entgegenzuwirken (Scherz 2020).

Daher sollte die Möglichkeit der Sanierung zumindest erwogen werden, da Keller, wie sie früher gebaut wurden, heute kaum mehr ausgeführt werden und jede Verfüllung den Verlust eines Stücks der Weinviertler Kulturgeschichte bedeutet.

Als Übersicht der Optionen im Schadensfall wurde der in Abbildung 60 dargestellte Entscheidungsbaum erstellt. In manchen Fällen kann auch eine Teilsanierung sinnvoll sein, wenn nur ein Teil des Kellers erhalten werden soll und der Rest verfüllt wird.

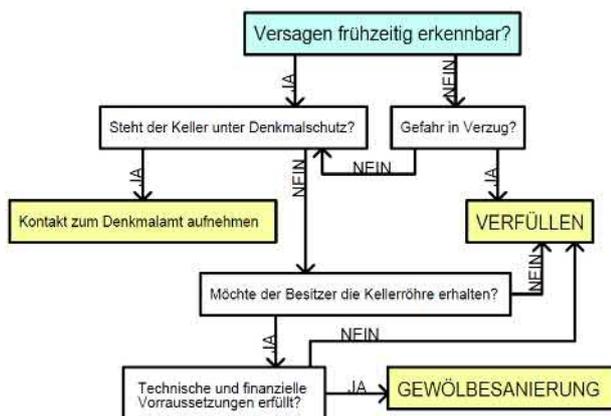


Abbildung 60: Entscheidungsbaum bei Schäden an Kellerröhren, eigene Abbildung

4.2.2 Folgen einer Unterschutzstellung

Neben vermeintlichen Nachteilen, wie der verpflichtenden Verwendung bestimmter Baustoffe und Bauweisen, sowie gesetzlichen Vorgaben zur Veräußerung solcher Bauwerke (DMSG §6), kann eine Unterschutzstellung auch Vorteile für den Gebäudebesitzer bringen. Insbesondere geschützte Ensembles können für touristische Zwecke genutzt werden und als Veranstaltungsort dienen. Durch die besonders gute Erhaltung und Originalität stechen diese Kellergassen unter der Masse hervor. Als Abschnitt von Wanderwegen oder Radrouten können die Kellergassen auch für die umliegende Gastronomie interessant sein. Eine Unterschutzstellung kann einer Region also durchaus auch einen Mehrwert bieten.

4.3 Gebäudegerechte Sanierung

Nicht nur für denkmalgeschützte Keller kann eine bauwerksgerechte Sanierung relevant sein. Immer mehr Kellerbesitzer streben bei der Sanierung ihrer Keller ein möglichst ursprüngliches und unverfälschtes Bild an, was verschiedene Restaurierungs- und Rückbauprojekte der letzten Jahre zeigen (Graser 2017). Zum Thema der Presshäuser gibt es ein umfassendes Werk vom Architekten Helmut Leierer, in dem von der richtigen Dachform und –eindeckung bis zum richtigen Türschloss der Kellertüre detaillierte Informationen enthalten sind (Leierer 2018). Im Gegensatz dazu ist zur historischen Bauweise der Kellergewölbe sehr wenig Literatur zu finden, da sich die meisten Werke zu Gewölbebauten auf Gewölbedecken in Hochbauten oder Bogenbrücken beziehen (Holzer 2013). Der Unterschied zu diesen Bauten liegt im Tragverhalten, da bei Gewölbedecken und Bogenbrücken der Mauerwerksbogen die Haupttragfunktion übernimmt. Bei den Kellern im Löss hält der Boden selbst seine Form, das Mauerwerksgewölbe besitzt nur eine unterstützende Funktion.

Heute bieten mehrere Baufirmen Kellersanierungen oder auch Neubauten mit Fertigteilgewölben oder bewehrten Ortbetongewölben an, welche innen zu optischen Zwecken mit Ziegeln vermauert werden. Diese Keller werden jedoch, anders als früher, in einer offenen Baugrube hergestellt und auch mit einer Abdichtung versehen (Neuschwander.de 2020). Meistens haben sie nur eine Überdeckung von einigen Zentimetern bis wenigen Metern.

Diese Herstellungsform mit loser Überschüttung, also ohne Tragwirkung des Bodens, ist statisch einfacher zu beurteilen, da der Boden nur als Auflast wirkt und seine Eigenschaften, bis auf sein Gewicht, daher irrelevant sind. Außerdem kommt statt historischem, inhomogenem Mauerwerk oft eine Schale aus Stahlbeton zum Einsatz, da dieser Baustoff geringere Abweichungen in seiner Festigkeit bietet.

Eine Sanierung der bestehenden Struktur von innen mithilfe eines Lehrgerüsts wird nur noch von wenigen, spezialisierten Fachfirmen ausgeführt (Gewoelbe.at 2020).

Um dennoch einen Blick in die historische, in Weinkellern angewandte Gewölbebaukunst zu erhalten, wurde neben der Literaturrecherche das Gespräch mit Menschen gesucht, die selbst schon Gewölbe nach alter Technik saniert haben oder sogar neu gebaut haben. Die nachfolgenden Informationen stammen daher aus Gesprächen und Interviews mit lokal tätigen Baumeistern und Bauhandwerkern.



Abbildung 61: Teilsanierung eines Kellergewölbes mit Lehrgerüst in Poysdorf 1996, Quelle: Johannes Rieder

Zum Herstellen eines neuen Gewölbeabschnitts oder auch zum Ausbessern einer Schadstelle wurde ein Lehrgerüst benötigt, da das Gewölbe erst nach Einsetzen des letzten Steins sein eigenes Gewicht tragen kann. Dieses Lehrgerüst wurde von einem Zimmermann gefertigt und umgangssprachlich als „Rominadl“ bezeichnet. Es musste im Radius um mindestens eine Steinbreite kleiner sein als die Kellerröhre, um das Hineinschieben der Ziegel zu ermöglichen. Das Rominadl diente gleichzeitig auch als Schablone, um einen gleichmäßigen Gewölbequerschnitt zu erhalten. Bevor das Lehrgerüst zum Einsatz kam, wurden die seitlichen, vertikalen Wände hergestellt. Traditionell kam als Mörtel ein Lehmgemisch zum Einsatz, die verwendeten Ziegel sind üblicherweise je nach Bauzeit Normalformatziegel oder Ziegel nach altösterreichischem Format. Noch früher wurde auch lokal vorhandener Naturstein verbaut, häufig Kalk- oder Sandstein. Nachdem die Seitenwände gemauert waren, wurde das Rominadl mithilfe von Pfosten, später Stahlstützen, aufgestellt und ausgerichtet. Die Ziegel wurden von außen unten beginnend auf das Gerüst geschoben, wobei die Krümmung des Gewölbes durch die Keilform der Lehmfugen erreicht wurde. Zum Teil wurden auch Ziegelsplitter als Keile zwischen die Steine geschoben. Der Schlussstein war häufig ein passend zugehauener Ziegel, da er besonders streng und passgenau sitzen sollte. Nachdem eine Reihe fertiggestellt war, wurden mögliche Lücken zwischen dem Mauerbogen und dem anstehenden Boden, welche durch eine ungleichmäßige Form der

ausgegrabenen Röhre entstanden waren, mit Aushubmaterial ausgestopft und anschließend das Lehrgerüst entfernt (Servit 2020).

Für Kreuzungsbereiche zweier Röhren gibt es verschiedene Gestaltungsvarianten. Dazu zählen das häufig ausgeführte „Böhmische Platzl“ (auch Böhmische Kappe), Stichkappen sowie Kreuzgewölbe. Bei der Herstellung von Kreuzgewölben und Böhmischen Kappen im Schwalbenschwanzverband konnte sogar auf eine Schalung verzichtet werden, da jede einzelne Ziegelreihe für sich nach oben gekrümmt und damit selbsttragend ist (Holzer 2013).



Abbildung 62: Böhmische Kappe im Schwalbenschwanzverband, eigene Abbildung

Beim Sanieren eines Ausbruchsbereiches wurde ähnlich vorgegangen. Schwierigkeiten ergaben sich insbesondere bei größeren Hohlräumen, da diese während der Gewölbeherstellung von unten aufgefüllt werden mussten. Heute gibt es dank verschiedener Bohrverfahren eine technische Lösung für solche Hohlräume. Nach Abschluss der Arbeiten wird von der

Oberfläche aus ein Rohr in ein Bohrloch über dem Schadensbereich geführt, um diesen mit Magerbeton ausfüllen zu können. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der Ausbruchsbereich die entsprechende Form besitzt, da bei einer zu geringen Lastverteilungsfläche sonst das Gewölbe dadurch geschädigt wird (Bayer 2020). Ist der Ausbruchsbereich sehr groß und reicht beispielsweise bis an die Oberfläche, dann ist eine Sanierung sehr aufwändig und kostenintensiv. Man könnte zum Beispiel den gestörten Boden ausheben und ein neues Gewölbe in Stahlbetonbauweise einsetzen, auf welches danach der Bodenaushub wieder aufgebracht wird. Dabei ergeben sich allerdings Schwierigkeiten bei der Verdichtung des Bodens, was bei Kellern unter Straßen problematisch wäre.



Abbildung 63: Beim Verfüllen einer Kellerröhre in Wultendorf kam eine große Menge an Material zum Einsatz, Quelle: NÖ Straßendienst



Abbildung 64: Das Verfüllmaterial erreicht durch seine Fließfähigkeit alle Hohlstellen, Quelle: NÖ Straßendienst

4.4 Verfüllen von Kellerröhren

Wenn eine Sanierung eines schadhafte Kellers nicht wirtschaftlich möglich oder nicht erwünscht ist, muss der Hohlraum derart verschlossen werden, sodass auch in fernerer Zukunft keine Schäden durch Setzungen an der Oberfläche oder sonstige Folgewirkungen entstehen.

4.4.1 Anforderungen an die Verfüllung

Ein ideales Füllmaterial sollte sich in seinen Eigenschaften nur wenig vom natürlich gewachsenen Boden unterscheiden. Es sollte in etwa die gleiche Festigkeit und Steifigkeit besitzen, um später Verformungen bei Belastung zu vermeiden. Dabei ist eine zu hohe Steifigkeit genauso ungünstig wie eine zu geringe, da Steifigkeitsunterschiede unter Straßen das Entstehen von Unebenheiten verursachen können. Besitzt das Material eine zu hohe Festigkeit, kann es später nur schwer entfernt werden, daher sollte es mit denselben Hilfsmitteln abgetragen werden können, wie der umliegende Boden. Auch

die Wasserdurchlässigkeit sollte entsprechend eingestellt werden, da eine größere Durchlässigkeit des verfüllten Hohlraums dort eine übermäßige Ansammlung von Wasser bewirken könnte. Um das Material zur Verfüllung von Weinkellern anwenden zu können, muss es selbstverdichtend sein, da ein tiefliegender Hohlraum mit Verdichtungsgeräten nur schwer erreicht werden kann. Die Selbstverdichtung muss derart erfolgen, dass nach dem Erhärten bei der entsprechenden Belastung keine Setzungen entstehen.

Aus ökologischen Gründen sollte das Material lokal verfügbar, recycelbar und in seiner Herstellung möglichst energiearm sein. Auch der Einsatz von Recyclingbeton oder anderen, recyklierten Materialien wäre wünschenswert.

Ein Material, das diese Eigenschaften bereits sehr gut erfüllt, ist ein Füllmaterial aus dem Kanal- und Leitungsbau, welches auch zur Verfüllung von Baugruben verwendet wird. Ein solches Material wird von mehreren Firmen mit geringen Unterschieden in der Rezeptur als „selbstverdichtendes Verfüllmaterial“ oder unter patentierten Eigennamen vermarktet. Nachfolgend wird dieses Material näher beschrieben.

4.4.2 Selbstverdichtendes Verfüllmaterial

Der Hauptbestandteil des Füllmaterials, auch flüssiger Boden genannt, sind entweder rezyklierte Hochbaurestmassen (Wopfinger 2017), Sande (Heidelberger Beton 2012) oder Gemische (Rohrdorfer.at 2020). Als Bindemittel kommt eine geringe Menge Zement zum Einsatz, manche Materialien kommen auch ohne aus (Rohrdorfer.at 2020). Über den Zementanteil kann die gewünschte Festigkeit und damit auch die Lösbarkeit im erhärteten Zustand gesteuert werden. Fließmittel und Bentonit sorgen bei Zugabe von Wasser für die Pumpfähigkeit und die selbstverdichtenden Eigenschaften des Materials. Je nach Anwendungsgebiet kann über die Zusätze die Konsistenz von erdfeucht bis fließfähig eingestellt werden. Nach 28 Tagen erreichten Proben des flüssigen Bodens eine Druckfestigkeit von rund 0,3-0,8 N/mm² (Heidelberger Beton 2012).

Beim Einbau ist besonders auf die sich einstellenden hydrostatischen Drücke des Füllmaterials zu achten. Sind keine parallel verlaufenden Kellerröhren in direkter Nähe zum Hohlraum bekannt, kann zur Sicherheit noch eine einfache Bohrung im Inneren der Kellerröhre an mehreren Stellen erfolgen. Befindet sich kein Keller neben der Röhre, kann diese problemlos verfüllt werden. Wenn allerdings zwei Keller nur durch eine dünne Lösswand voneinander getrennt sind und einer der beiden verfüllt werden soll, dann muss das Ausfüllen in mehreren Schritten erfolgen. Anhand der Dichte des Materials kann die seitliche resultierende Druckkomponente bestimmt werden. Diese

darf dann die aufnehmbare Kraft nicht überschreiten. Kann der Keller nicht begangen werden, und werden weitere Keller im Nahbereich vermutet, so empfiehlt es sich, ebenfalls die Verfüllung in mehreren Schritten durchzuführen und das Erhärten der vorigen Schicht abzuwarten, bevor die nächste aufgebracht wird. Im Gutachten zu dem Keller in Stronsdorf wurde eine Füllhöhe von maximal 30 cm pro Tag empfohlen (Hengl 2015). Außerdem sind bekannte, benachbarte Keller zu beobachten und auf Eintritte des Füllmaterials oder Rissbildung zu kontrollieren. Beim Einbringen des Materials muss die im Keller vorhandene Luft entweichen können, daher ist gegebenenfalls eine zweite Bohrung an einer anderen Stelle erforderlich.



Abbildung 66: Keller in Alleinlage bei Fallbach, eigene Abbildung



Abbildung 65: Kellergasse Wultendorf, eigene Abbildung

5 Resümee

Neben den bekannten Kellern befinden sich vermutlich noch viele weitere, unentdeckte Kellerröhren unter Straßen. Da das in dieser Arbeit getestete, seit 2019 auf dem Markt befindliche 3D-Step-Frequency-Bodenradar keine ausreichend große Eindringtiefe erzielen konnte, sollte daher in diesem Bereich noch weiter geforscht werden. Aufgrund der vorhergehenden Versuche in Martinsdorf von 2017 wird vor allem im Bereich der Geoelektrik noch Potential gesehen. Dabei ist vor allem Wert auf eine einfache und flächendeckende Anwendbarkeit der Messmethode zu legen.

Die statische Beurteilung der Keller bringt viele Schwierigkeiten mit sich, da für eine rechnerische Nachweisführung die Kennwerte des Bodens um die Kellerröhre bekannt sein müssen. Eine Bestimmung dieser Werte ist über Versuche an entnommenen Bodenproben möglich. Da der Boden jedoch auch innerhalb der Röhre variieren kann, ist darauf ebenso in der Berechnung Rücksicht zu nehmen. Zur Nachweisführung bei statischer und dynamischer Belastung kann eine Finite Elemente Berechnung angewandt werden. Das entspricht dem aktuellen Stand der Normenlage. Da in einer statischen Berechnung das Versagen des Kellers bei Wasserzutritt nicht berücksichtigt werden kann, wird an die Kellerbesitzer/Kellerbesitzerinnen appelliert, den Keller regelmäßig zu begehen um sich

ankündigende Schäden rechtzeitig zu erkennen. Plötzliche Versagensformen zufolge sehr großer Wassermengen können nach dem aktuellen Stand nicht verhindert werden.

Auch wenn Keller unter Straßen das Risiko eines Einsturzes bergen können, sollten sie nicht in allen Fällen verfüllt werden. Insbesondere dann nicht, wenn sie Teil eines möglicherweise erhaltenswerten Ensembles sind, das in Zukunft unter Denkmalschutz gestellt werden könnte. Es sollten alle Möglichkeiten abgewogen werden und eine Gewichtsbeschränkung der Straße in Betracht gezogen werden. Fällt im Schadensfall die Wahl auf eine Sanierung des Kellers, so ist je nach Größe des Schadens eine angemessene Sicherung zu wählen. Ist eine Sanierung nicht möglich oder nicht erwünscht, stellt das Verfüllen der Keller eine sinnvolle Lösung dar, da es das erneute Überbauen des Hohlraums ermöglicht. Als Füllmaterial kann lokal verfügbares, selbstverdichtendes Verfüllmaterial zum Einsatz kommen, da dieses die gestellten Anforderungen ideal erfüllt. Die Vorgehensweise beim Verfüllen ist entsprechend den örtlichen Bedingungen gemäß den Herstellerangaben anzupassen.

Literaturverzeichnis

- 3D RADAR AS (2019): 3D-Radar „Geoscope MK IV“ Productsheet, 3D-Radar Antenna “DXG Antenna Series” Productsheet
- Agrarplus.at: KellergassenführerInnen-Lehrgang: allgemeine Informationen. Aufgerufen unter <https://akademie.agrarplus.at/kellergassenfuehrerinnen.html> am 10.10.2020
- Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch (ABGB) konsolidiert, Fassung vom 30.06.2020
- Alte Bauordnung für Niederösterreich 1883, mehrfach novelliert, gültig bis 30.12.1968, aufgerufen unter <http://www.noe.gv.at/noe/Bauen-Neubau/Bauordnung1883.html> am 10.10.2020
- Anwander, Berndt (2002): Wo der Wein wohnt. Die Landschaften, Häuser, Keller und Gassen des österreichischen Weines. Wien: Falter Verlag
- Bauer, Susanne (2015): Ursache geklärt. Erschienen in NÖN, Ausgabe Woche 20/2015
- Bayer, Reinhard (2020): Telefonat über die traditionelle Herstellung von Gewölben in Weinkellern, 12.10.2020
- Berthold, Johannes (2020): Persönliches Gespräch über die Martinsdorfer Kellergasse. Martinsdorf, 09.03.2020
- Boley, Conrad (Hrsg.): Handbuch Geotechnik. Grundlagen – Anwendungen – Praxiserfahrungen. 2. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019
- Bundesdenkmalamt (2020): Liste der unbeweglichen und archäologischen Denkmale unter Denkmalschutz https://bda.gv.at/fileadmin/Dokumente/bda.gv.at/Publikationen/Denkmalverzeichnis/Oesterreich_PDF/_NOE_2020_DML_10616POS_formatiert.pdf
- Bundesgesetz betreffend den Schutz von Denkmalen wegen ihrer geschichtlichen, künstlerischen oder sonstigen kulturellen Bedeutung (DMSG), Fassung vom 30.09.2020, aufgerufen unter <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009184>
- Ceru, Teja / Dolenc, Matej / Gosar, Andrej (2018): Application of Ground Penetrating Radar Supported by Mineralogical-Geochemical Methods for Mapping Unroofed Cave Sediments. In: Remote Sens, 2018/10/639
- Dolic, Jovo (2015): Bodenradar – Ground Penetration Radar. Masterarbeit, Institut für Hochfrequenztechnik, TU Graz
- Duden Online (2020): Eintrag „Kultur“ aufgerufen unter <https://www.duden.de/node/85307/revision/85343> am 03.10.2020
- Edelhofer, Reinhard (2020): Persönliches Gespräch über den Vorfall in seinem Keller in Martinsdorf, 09.03.2020
- Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020

- Fries, Oliver/ Gerstenbauer, Lisa-Maria/ Salzer, Kurt Ronald (2020): Bauhistorische Forschungen zu den Kellergassen in Ketzelsdorf und Ameis. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S.95-106
- Frodl-Kraft, Eva (1974): Die Österreichische Kunsttopographie. Betrachtungen sub specie fundatoris. In Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege (ÖZKD) 1974 S.114-130, Wien
- Gewölbe.at: Grünberger Gewölbehandwerk. Vom Gewölbetraum zum Traumgewölbe. Aufgerufen unter <http://www.gewoelbe.at/> am 10.10.2020
- Gorhan, Harald (1967): Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften des Lösses an Beispielen in Österreich. In: Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich, 18.Band, Wien: 1968, S. 401-428
- Göstl, Stefanie (2014): Bemessung von Gewölben aus Mauerwerk. Diplomarbeit Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen
- Graser, Marina (2017): Die Raschalaer Kellergasse: Entwicklungsprozess und Sanierung. Diplomarbeit Technische Universität Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung
- Hadres.at (2020): 36. Adventtreffen in Hadres abgesagt. Aufgerufen unter https://www.hadres.at/de/pages/events_detail.aspx?id=13 am 03.10.2020
- Heidelberger Beton (2012): TerraFlow Anwenderleitfaden, heruntergeladen unter https://www.heidelbergcement.de/system/files_force/assets/document/rz_4106_hdb_terraflow_anwenderleitfaden_bro_16s_2017_ansicht.pdf?download=1 am 10.10.2020
- Hengl, Herbert (2014): Gutachten über die Standfestigkeit eines Kellers in Reintal, interne Dokumentation STBA Wolkersdorf
- Hengl, Herbert (2015): Gutachten über die Versagensursache eines Kellers in Stronsdorf, interne Dokumentation STBA Wolkersdorf
- Holzer, Stefan (2013): Statische Beurteilung historischer Tragwerke. Band 1: Mauerwerkskonstruktionen, 2. Auflage 2016, Berlin: Ernst & Sohn Verlag
- Honold, Franz (2020): Telefonat über die traditionelle Herstellung von Gewölben in Weinkellern, 12.10.2020
- I&K GesmbH (2015): Gutachten über aufgetretene Folgeschäden durch einen Rohrbruch der öffentlichen Wasserleitung in der Berggasse auf Höhe Berggasse 42 und 44 in A-2170 Poysdorf. zur Verfügung gestellt durch Johannes Rieder
- Kaufmann, Gerald (2017): Dokumentation über den Einbruch der Straßendecke in der Kellergasse von Wultendorf. interne Dokumentation STBA Wolkersdorf, 2017
- Knittler, Herbert (2006): Die mittelalterlichen und frühneuzeitlichen "Überländkeller" der Stadt Weitra, Niederösterreich. In: Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich. Österreichische Gesellschaft für Mittelalterarchäologie, 22/2006, S.81-92
- Knödel, Klaus / Krummel, Heinrich / Lange, Gerhard (1997): Geophysik. Berlin u.a.: Springer Verlag
- Krenn, Martin (2020): Persönliches Gespräch zur Geoprospektion der Kellerröhren, Krems, 06.12.2019
- Lebloch, Erwin (2014): Geländeaufnahmen der Keller und Kellerröhren in Martinsdorf, intern abgelegt bei der Straßenbauabteilung Wolkersdorf

- Leierer, Helmut (2018): Zukunft Kellergassen. Baugestaltung. Zweite Auflage, Wien: Österreichischer Agrarverlag
- Li, Yanrong/ Zhao, Jingui/ Li, Bin (2018): Loess and Loess Geohazards in China. In: CRC Press/Balkema, London: Taylor & Francis Group
- Loamgrui.at (2020): Adventmarkt 2020 abgesagt. Aufgerufen unter <http://www.loamgrui.at/adventmarkt.html> am 03.10.2020
- Mahringer, Paul (2020): Kulturlandschaftselement Kellergasse. Kultureller Wert und Schutzmöglichkeiten. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S.170-
- Maritsch, Edith (2014): Klein-Harras: Wollen gütliche Lösung. Nön Online Artikel, 22.10.2014, aufgerufen unter <https://www.noen.at/gaenserndorf/klein-harras-wollen-guetliche-loesung-einsturz-schaden-top-kellerroehre-weingarten-4222965#> aufgerufen am 15.09.2020
- Maurer, Manuela (2014): Ergebnisprotokoll zur Koordinationsbesprechung "Beurteilung verbruchgefährdeter Hohlräume unter Verkehrswegen, interne Dokumentation STBA Wolkersdorf, 2014
- Mötz, Stefan (2019): Baukultur im Weinviertel. Vom Gassenfronthaus zum Fertigteilhaus. Diplomarbeit Technische Universität Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung
- Neubauer, Wolfgang (2020): Persönliches Gespräch zur Geoprospektion der Kellerröhren, Langenzersdorf, 09.01.2020
- Neuschwander.de: Das Tonnengewölbe – Gewölbesystem in massiv Ziegel. Aufgerufen unter <https://gewoelbekeller.neuschwander.de/Gewoelbebau.html> am 10.10.2020
- NÖ Atlas (2020): Webansicht inklusive Grundstücksgrenzen. Land Niederösterreich, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, 2020 aufgerufen unter <https://atlas.noe.gv.at/webgisatlas/> am 15.09.2020
- NÖ Straßengesetz 1999 (NÖ StG 1999). In: LGBl. 8500-3, aufgerufen unter <http://www.ris.bka.gv.at> am 20.09.2020
- OIB-Richtlinie 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit. Österreichisches Institut für Bautechnik, Version April 2019, aufgerufen unter <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2019>
- ÖNORM B 1990-1:2013 01 01: Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung - Teil 1: Hochbau - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1990 und nationale Ergänzungen, aufgerufen unter <https://lesesaal.austrian-standards.at> am 02.10.2020
- ÖNORM B 1996-1-1:2016 07 01: Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk - Nationale Festlegungen zur ÖNORM EN 1996-1-1, aufgerufen unter <https://lesesaal.austrian-standards.at> am 02.10.2020
- ÖNORM B 1997-1-1:2013 09 01: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen, aufgerufen unter <https://lesesaal.austrian-standards.at> am 02.10.2020
- ORF NOE (2012): Keller und Presshäuser eingestürzt. ORF NOE Online Nachrichten, 01.03.2012, aufgerufen unter <https://noe.orf.at/v2/news/stories/2523133/>

- Ottner, Franz (2020): Der Rohstoff Lehm. Eine kurze mineralogische Beschreibung. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S.208-211
- Pregesbauer, Michael (07/2017): Technischer Bericht zur Geoprospektion von Kellerröhren (Martinsdorf), internes Dokument der Straßenbauabteilung Wolkersdorf
- Pregesbauer, Michael (11/2017): Technischer Bericht zur Geoprospektion von Kellerröhren (Ollersdorf), internes Dokument der Straßenbauabteilung Wolkersdorf
- Pregesbauer, Michael (2020): E-Mail zur Auswertung der Geoprospektion mittels Bodenradar, 06.10.2020
- Rohrdorfer.at (2020): RF-Material , aufgerufen unter https://www.rohrdorfer.at/2381_DE am 10.10.220
- Schauppenlehner, Thomas (2020): Herausforderungen einer Kulturlandschaft im Wandel. Traditionelles Landschaftsbild, Nutzungsansprüche, Herausforderungen am Beispiel des Weinviertels. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S. 165-169
- Scherz, Martina (2020): Steuerungselement der Raumplanung für die Erhaltung der Kellergassen. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S.208-211
- Schmidbaur, Andreas (1990): Die Niederösterreichischen Kellergassen. Eine Bestandsaufnahme. Entstehung Verbreitung und Typologie Entwicklungstendenzen. Dissertation Technische Universität Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung, 3 Bände, Wien 1990
- Schmidbaur, Andreas (2020): Die Niederösterreichischen Kellergassen. Eine Inventarisierung. In: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen. Erforschung – Schutz – Erhaltung, Wien-Horn: Verlag Berger, 2020, S.73-79
- Schneider Consult (2015): Statische Zustandsbeurteilung. Bestehende Kellerröhren unterhalb der L3031, intern abgelegt bei der Straßenbauabteilung Wolkersdorf
- Schwendenwein, Ilse (2015): Einbruch der Landesstrasse L35 im Bereich Stronsdorf 160. Vertrauliche, interne Dokumentation STBA Wolkersdorf, 2015
- Servit, Helmut (2020): Gespräch über die traditionelle Herstellung von Gewölben in Weinkellern, Zwentendorf, 12.10.2020
- Stadler, Joseph (1916): Der Löss und sein Vorkommen um Passau. Passau: Ablaszmayer & Penninger
- Statista (2020): Verteilung der Erwerbstätigen in Österreich nach Wirtschaftssektoren von 2009 bis 2019. Aufgerufen unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/217608/umfrage/erwerbstaetige-nach-wirtschaftssektoren-in-oesterreich/> am 03.10.2020
- Statistisches Handbuch des Landes Niederösterreich (2017), 41. Jahrgang, NÖ Schriften 215 – Information, aufgerufen unter http://www.noe.gv.at/noe/Zahlen-Fakten/NOeSTAT_2017_www200dpi.pdf am 20.07.2020
- STBA Wolkersdorf (2017): interne Dokumentation zur Kellersuche in Martinsdorf, 2017
- Stummer, Boris (2017): Technischer Bericht und Laserscanauswertung Kellergasse Wultendorf. Amt der niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Hydrologie und Geoinformation, 2017

Taheri, Zia. (2016): Statik von unterirdischen Hohlräumen und Tunnelbauten (1. Auflage. ed., Edition Wissenschaft). Berlin: NEUNPLUS 1

Weinviertel.at (2020): Übersicht von Erlebnisangeboten, Ausflugszielen und Kulinarik im Weinviertel. Aufgerufen unter <https://www.weinviertel.at/> am 03.10.2020

Wopfinger (2017): WVM Wopfinger Verfüllmaterial Produktblatt, heruntergeladen unter <https://de.calameo.com/read/001102318bb137cd73e30> am 10.10.2020

Yeoh, Daniela/ Matzenberger, Michael (2019): Vereine von Musik bis Sport: Vielvereintes Österreich! Der Standard, 23.11.2019, aufgerufen unter <https://www.derstandard.at/story/2000109784689/vereine-von-musik-bis-sport-vielvereintes-oesterreich> am 03.10.2020

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Keller entlang der L3052 bei Watzelsdorf, eigene Abbildung	7
Abbildung 2: Kellereinsturz in Wultendorf, Quelle: NÖ Straßendienst.....	8
Abbildung 3: Keller entlang der L20 bei Altenmarkt, eigene Abbildung	9
Abbildung 4: Einbruchsstelle neben dem Sondierschlitz in Wultendorf. Quelle: NÖ Straßendienst.....	10
Abbildung 5: Webansicht und Legende von Niederösterreich im Map Viewer der Geologischen Bundesanstalt mit eigener Markierung, Quelle: Gis GBA Map Viewer, aufgerufen unter https://gisgba.geologie.ac.at/gbaviewer/?url=https://gisgba.geologie.ac.at/arcgis/rest/services/KM200/AT_GBA_KM200_NIED_GE/MapServer , mit freundlicher Genehmigung der Geologischen Bundesanstalt.....	12
Abbildung 6: Geologische Übersichtskarte des Weinbaugebietes Weinviertel, mit freundlicher Genehmigung der Geologischen Bundesanstalt	13
Abbildung 7: In den Löss gegrabene Gänge bleiben auch ohne Ausbau standfest, eigene Abbildung	14
Abbildung 8: Vergleich der Keller bei Wildendürnbach heute mit der Josephinischen Landesaufnahme; Quelle: www.mapire.eu	15
Abbildung 9: Sanfte Hügel, Felder, Weinberge und Windräder bei Wilfersdorf	19
Abbildung 10: Josephinische Landesaufnahme 1773-1781, Ausschnitt Ungerndorf; mit Markierung der Keller; Quelle: www.mapire.eu	20
Abbildung 11: HERE Maps Luftbild 2014, Ausschnitt Ungerndorf; Mit Markierung der Keller; Quelle: www.wego.here.com	20
Abbildung 12: Kellerruine in Zwentendorf, eigene Abbildung	21
Abbildung 13: Reste eines Kellers an der L3031, eigene Abbildung	21
Abbildung 14: Funktionsprinzip Gleichstrommessung, eigene Abbildung	23
Abbildung 15: Funktionsprinzip Widerstandsmessung, eigene Abbildung	24
Abbildung 16: Funktionsprinzip Georadar, eigene Abbildung	25
Abbildung 17: Die von Kellern unterquerte Straße L3031, eigene Abbildung	25
Abbildung 18: Blick nach Norden auf der L3031 mit Kellern von Martinsdorf, eigene Abbildung.....	26
Abbildung 19: Blick nach Süden auf der L3031 mit den Kellern von Martinsdorf, eigene Abbildung	26
Abbildung 20: Nördlicher Anfang der Martinsdorfer Kellergasse, Quelle: www.google.com/maps	27
Abbildung 21: Blick nach Süden in der Kellergasse von Martinsdorf, eigene Abbildung.....	27
Abbildung 22: Verfüllte Kellerröhre in Martinsdorf, eigene Abbildung	28
Abbildung 23: Messung mit einer Variante des Bodenradars, Quelle: NÖ Straßendienst	29
Abbildung 24: Messung mit dem "Ohm-Mapper", Quelle: NÖ Straßendienst	29
Abbildung 25: Step-Frequency-Radar mit Traktor vor den Kellern, eigene Abbildung	31
Abbildung 26: Messung mit dem Georadar, eigene Abbildung.....	31
Abbildung 27: Radargramm mit erkennbaren vertikalen Strukturen und Keller, Pregesbauer 2020	32
Abbildung 28: Radargramm mit Bereichen unterschiedlicher Verdichtung, Pregesbauer 2020.....	33
Abbildung 29: Deutlich erkennbare Setzungen im Radargramm, Pregesbauer 2020	33
Abbildung 30: Drei verlassene Kellerröhren an der L3052 bei Ketzelsdorf, eigene Abbildung.....	35
Abbildung 31: Nördliches Ende der Kellergasse von Wultendorf mit Grundstücksgrenzen und -nummern, Quelle: NÖ Atlas (Land NÖ, BEV)	36
Abbildung 32: Ein weiterer Keller mit Zustand 1, der nach einem plötzlich auftretenden Schaden im Firstbereich saniert wurde, eigene Abbildung	39

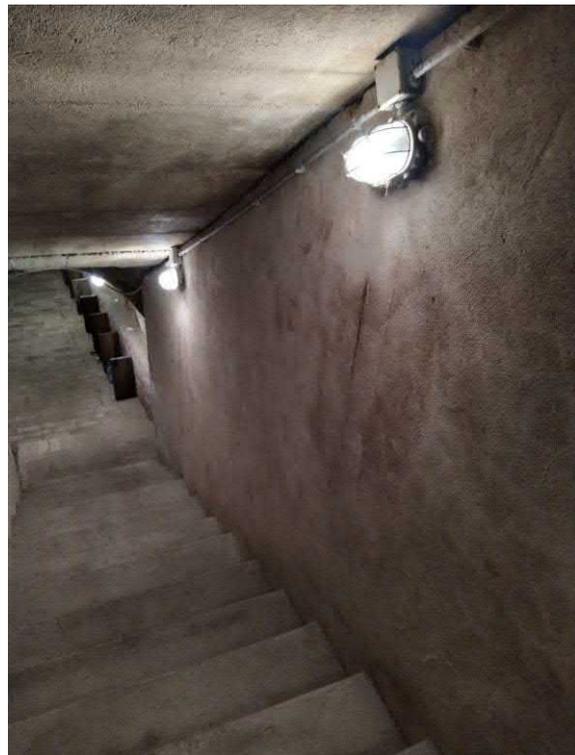
Abbildung 33: Keller ohne Ausbau mit Ausbrüchen im Firstbereich bei Fallbach, Quelle: NÖ Straßendienst	42
Abbildung 34: Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Löss und Kellergassen, Quelle: Eßer, Gerold (Hrsg.): Kulturlandschaft der Kellergassen, Verlag Berger, Wien-Horn 2020, Vorsatz (Kartenbasis aus Wiesbauer, Heinz/ Zettel, Herbert: Hohlwege in Lößterrassen in Niederösterreich. St. Pölten 2014 S.15 unter Verwendung einer Grafik von Loiskandl-Weisz & Petitzka 2005) mit freundlicher Genehmigung von Gerold Eßer.....	44
Abbildung 35: Bodenprofil in einem Keller in Stronsdorf mit unterbrochenen Lössschichten; Quelle: NÖ Straßendienst.....	45
Abbildung 36: Abschluss eines Seitengangs einer gewölbten Kellerröhre in Martinsdorf, eigene Abbildung	48
Abbildung 37: Voluminöser Ausbruch im Firstbereich, Quelle: NÖ Straßendienst.....	49
Abbildung 38: Teilweise gewölbter Keller, Quelle: NÖ Straßendienst.....	49
Abbildung 39: Bearbeitungsspuren im Löss am Ende einer Kellerröhre, eigene Abbildung	50
Abbildung 40: Standhaftes Gewölbe ohne Ausbau bei Kottingneusiedl, eigene Abbildung	50
Abbildung 41: Einwuchs im Firstbereich, eigene Abbildung.....	50
Abbildung 42: Im unteren Bereich wurde Naturstein verbaut, die oberen Ziegel wurden mit Lehm vermörtelt; eigene Abbildung.....	51
Abbildung 43: Bei diesem 1942 mit Zement vermörtelten Kellergewölbe musste der Firstbereich bereits erneuert werden; eigene Abbildung	51
Abbildung 44: Schematische Darstellung der Situation in Wultendorf, eigene Abbildung	52
Abbildung 45: Der Hohlraum reicht bis unter die intakte Betonplatte, Quelle: NÖ Straßendienst.....	53
Abbildung 46: Das Loch im Gewölbe ist klein im Verhältnis zur transportierten Erdmasse, Quelle: NÖ Straßendienst.....	53
Abbildung 47: Das gestörte Bodengefüge wurde großzügig freigelegt um Setzungen nach der Sanierung zu vermeiden, Quelle: NÖ Straßendienst.....	53
Abbildung 48: Fahrbahnschaden zufolge Kellereinbruch in Stronsdorf, Quelle: NÖ Straßendienst	54
Abbildung 49: Verfüllen des Kellers in Stronsdorf, Quelle: NÖ Straßendienst.....	54
Abbildung 50: Ein fließender Übergang zwischen Kellern und Wohnhäusern in Stronsdorf mit Geschwindigkeitsbegrenzung an der L35, eigene Abbildung	54
Abbildung 51: Kreuzungsbereich zweier Röhren mit Böhmischer Platzl mit Zustand 1, eigene Abbildung	55
Abbildung 52: Übergangsbereich zwischen neuerem und älterem Teil des Kellers in Martinsdorf, eigene Abbildung.....	55
Abbildung 53: Schematische Darstellung der Situation in Martinsdorf, eigene Abbildung.....	55
Abbildung 54: Mittig im Bild: die gebrochene Wasserleitung, links unten: das Loch in der Kellerröhre, Quelle: Martin Gotsch	56
Abbildung 55: Vertikalspannungen, Ausschnitt aus einer FE-Berechnung für einen gewölbten Keller in Reintal, Quelle: NÖ Straßendienst.....	57
Abbildung 56: Tonklumpen im Löss mit teilweise oberflächlicher Salzkristallisation, eigene Abbildung	57
Abbildung 57: Luftbildaufnahme der L20 bei Wultendorf, Quelle: Christof Servit	59
Abbildung 58: Kellereinsturz nach einem Wasserleitungsbruch in der Berggasse in Poysdorf 2015, Quelle: Martin Gotsch	60
Abbildung 59: Bei Schäden an Spargewölben kann das Ergänzen und Hinterfüllen fehlender Gewölbeabschnitte sinnvoll sein, eigene Abbildung	60
Abbildung 60: Entscheidungsbaum bei Schäden an Kellerröhren, eigene Abbildung.....	63

Abbildung 61: Teilsanierung eines Kellergewölbes mit Lehrgerüst in Poysdorf 1996, Quelle: Johannes Rieder	64
Abbildung 62: Böhmisches Kappe im Schwalbenschwanzverband, eigene Abbildung.....	65
Abbildung 63: Beim Verfüllen einer Kellerröhre in Wultendorf kam eine große Menge an Material zum Einsatz, Quelle: NÖ Straßendienst.....	66
Abbildung 64: Das Verfüllmaterial erreicht durch seine Fließfähigkeit alle Hohlstellen, Quelle: NÖ Straßendienst.....	66
Abbildung 65: Kellergasse Wultendorf, eigene Abbildung	69
Abbildung 66: Keller in Alleinlage bei Fallbach, eigene Abbildung	69

Anhang

Monitoring-Beispiel am eigenen Keller

Zugang Kellerröhre



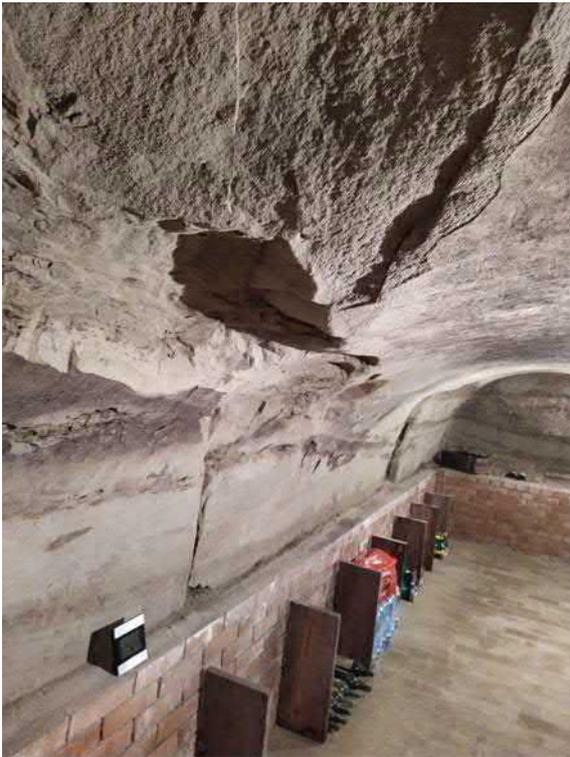
Detailansicht Firstbereich Übergang zwischen Abgang und Kellerröhre



Ansichten Kellerröhre



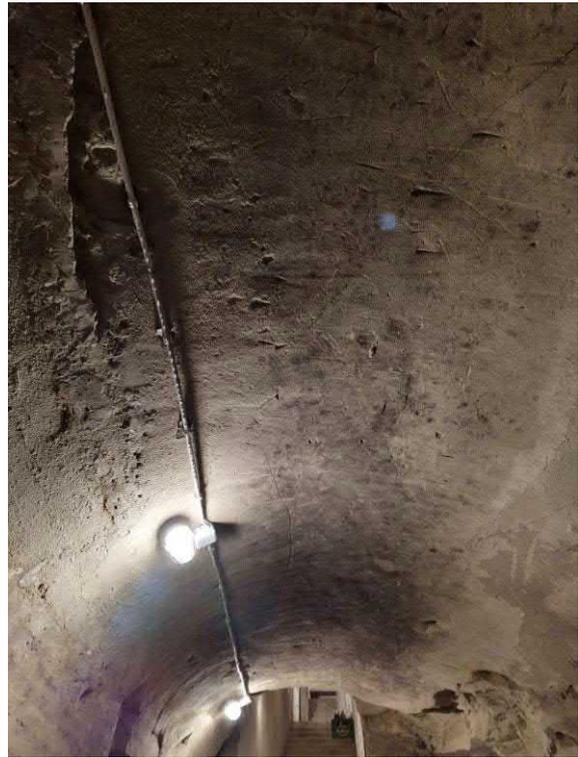
Ansichten Kellerröhre



Ansicht Belüftungsloch



Ansicht Firstbereich



Ansicht Brustwand

