

Der Bächlestollen unter dem Freiburger Schlossberg

Verlauf durch Laserscanning geklärt

Die Bächle sind neben dem Münster das Wahrzeichen der Stadt Freiburg. Die Anlage des Bächlesystems des späten 12. Jahrhunderts würde man im heutigen Sprachgebrauch als eine hervorragende Ingenieursleistung bezeichnen. Seine Zuleitung wurde im 17. Jahrhundert überwölbt und verläuft seither als Stollen unter dem Schlossberg. Da es bisher weder einen Bauplan noch eine Bauaufnahme davon gibt, wurde diese mithilfe von mobiler Laservermessung neu erstellt. Die präzise dreidimensionale Erfassung ist jetzt die Grundlage für künftige denkmalpflegerische Maßnahmen an dem nach §2 Denkmalschutzgesetz geschützten Kulturdenkmal.

Iso Himmelsbach/Bertram Jenisch/Nicolas Trusch/Andreas Wachaja

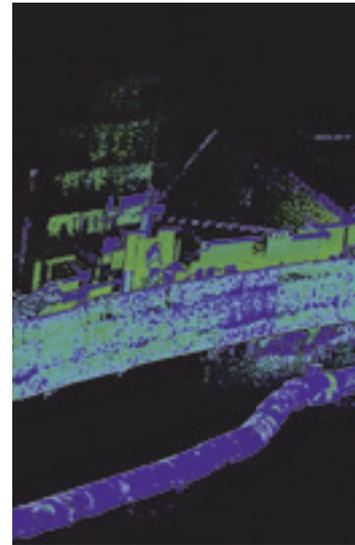
Die Anlage des Bächlesystems

Mit der Marktgründung im Jahr 1120 entstanden in Freiburg entlang der planmäßig angelegten Straßen traufständige Steinhäuser. Deren Pultdächer leiteten das Regenwasser auf die Straßen ab, so dass bereits damals eine Ableitung des Oberflächenwassers notwendig war. Das nach etwa 800 Jahren noch heute unverändert bestehende Bächlesystem wurde allerdings erst um 1175/80 angelegt. Um ein sacht abfallendes Gefälle zu schaffen, mussten die Straßenräume, insbesondere im Ostteil der Altstadt, bis zu 2,5 m aufgeschüttet werden. Die Bächle sorgen seither für eine gleichmäßige Verteilung des Brauchwassers in der Stadt und waren zugleich ein Brandschutz (Abb. 1).

Sie wurden im Mittelalter in Freiburg „Stadtbäche“ genannt. Die damals fünf (und heute zwei) Gewerbekanäle wurden hingegen als „runs“ oder „runz“ bezeichnet, ein Begriff für einen von Menschenhand künstlich angelegten Wasserlauf. Sie werden schon im Jahr 1238, also rund 60 Jahre vor den Bächle, erwähnt.

Die Ableitung des Wassers für die Bächle

Das Wasser der Freiburger Bächle stammt mittelbar aus der Dreisam. Am „Sandfang“ im Osten der Stadt wird der Hauptzweig des später aufgefächerten Freiburger Gewerbekanals aus der Dreisam ausgeleitet. Aus diesem wird auf der Höhe des Studios des Südwestrundfunks (Kartäuserstraße 47a)



1 Ältestes archäologisch erfasstes Teilstück eines Freiburger Bächles am Dillengässle 2016.

2 Ableitung des Wassers für den Bächlestollen aus dem Gewerbekanal.



3 Blick in den überwölbten Bächlestollen im Freiburger Schlossberg.

über eine Stellfalle das Wasser für die Freiburger Bächle entnommen und in einem eigenen Kanal in die Altstadt geführt (Abb. 2). Da man heute nur noch den Auslauf des Wassers aus dem Gewerbekanal sieht, entsteht der Eindruck, als verlaufe dieser Zubringerkanal durch einen in den Felsen gehauenen Stollen. Dieser erstreckt sich im Wesentlichen parallel zum Gewerbekanal bis zum Anfang des Augustinerwegs und dann unter dem Schwabentorplatz und dem Schwabentor hindurch bis etwa auf die Höhe der Straßengabelung Oberlinden/Konviktstraße, wo das Wasser – nun erstmals als Bächle gefasst – zutage tritt. Bis dorthin hat das Wasser unterirdisch eine Strecke von etwa 600 m zurückgelegt. Diese Streckenlänge täuscht jedoch über den ursprünglichen Zustand hinweg, denn noch bis weit nach dem Zweiten Weltkrieg lag der Zulauf zwischen dem Augustinerweg und dem heutigen Schwabentorplatz offen. Im Originalzustand war der stollenartige Zulauf circa 430 m lang. Die Ableitung wird urkundlich erstmals im Jahr 1300 in einer Urkunde über den Verkauf einer Mühle genannt: Darin wird jedoch nicht von einem „Gewölbe“, sondern von einem Bach gesprochen (*da der bach aus dem runse gat*). Die Zufuhr des Wassers in die Stadt erfolgte also damals über einen offenen Hangkanal. Das Wasser wurde beim Schwabentor mit einer hölzernen Kählerleitung (offene Holzrinne) über den Stadtgraben geführt und dort in die Bächle eingespeist. Das fein ausjustierte Höhenniveau mit einem Gefälle von etwa 2 Prozent für diesen Kanal belegt eine bemerkenswerte Messtechnik aus der Zeit um 1175/80, die man heute als Ingenieurleistung bezeichnen würde.

Die Überwölbung des Hangkanals im 17. Jahrhundert

Wann der Hangkanal überwölbt wurde, lässt sich zeitlich eingrenzen, denn seine Anlage fällt frühestens in die Zeit des Baus einer modernen Fes-

tung auf dem Schlossberg. Damit begann ab 1668 zunächst Baumeisters Elias Gump (1609–1676) unter Kaiser Leopold I. Nach der Abtretung Freiburgs an Frankreich wurde die Festung zwischen 1679 und 1684 nach den Plänen von Sébastien Le Prestre de Vauban (1633–1707) umgeplant und vollendet. Die Überwölbung diente vor allem dem Schutz der Brauchwasserzufuhr vor den Baumaßnahmen am und auf dem Schlossberg selbst, denn viele Quellen berichten, dass die Auswirkungen des Festungsbaus für die Anlieger zunehmend nachteiliger wurden, und kumulierten in der gerichtlich festgestellten Aussage, dass der Gewerbekanal allein zwischen 1679 und 1688 für 257 Wochen, also insgesamt über fünf Jahre(!) lang, ohne Wasser gewesen war. Erstmals stellt eine Schnitzzeichnung des Freiburger Schlossbergs von 1698 den überwölbten Kanal dar.

Der Hangkanal wurde spätestens Ende des 17. Jahrhunderts mit sauber ausgearbeiteten Sandsteintrögen ausgelegt, die eine lichte Breite von 1,15 m hatten. Die sauberen Übergänge lassen vermuten, dass die Kanten als Falz ausgearbeitet sind. Diese Rinne wurde dann von einem 1,20 m hohen, flachen Gewölbe überspannt und anschließend von außen auf seiner ganzen Länge mit Steinen und Erdschutt bedeckt. So entsteht der Eindruck eines Stollens. Wie das gemauerte Gewölbe konstruiert ist, kann man heute vor allem an zwei ehemaligen Lüftungsöffnungen von innen sehen. Der Stollen ist lediglich bei dem jährlich erfolgten Bachabschlag zur Revision kurzzeitig begehbar (Abb. 3). Der Kanal wird heute durch zwei Bunkerzugänge gestört, von denen der eine 1944/45 und der andere zu Beginn der 1960er Jahre angelegt wurde. Etwa nach dem ersten Drittel der Strecke hat im Jahr 1954 zudem ein Hangrutsch – eine Spätfolge der Bombentreffer vom November 1944 – einen Teil des ursprünglichen Kanals zerstört, weshalb das Wasser heute in diesem Bereich in einer Rohrleitung fließt. Sowohl der obere wie auch der untere Abschnitt haben über die Jahrhunderte im Innern sehr starke bauliche Veränderungen erfahren, was mit Baumaßnahmen im Umfeld des Kanals zusammenhängt. Seit den 1970er Jahren wurde das Quartier „Oberau“ – im 19. Jahrhundert eines der größten Industriegebiete Freiburgs – vor allem zur Schlossbergseite hin vollkommen umgestaltet.

Die Gedenktafeln der „Bauherren“

Der Kanal bietet neben seiner eigenen Baugeschichte aber noch eine weitere Besonderheit: Steintafeln, die seit langer Zeit immer wieder Gegenstand des Interesses gewesen sind. Heute sind diese Tafeln östlich des großen Bunkerzugangs in der Kartäuserstraße an den Seitenwänden des Kanals angebracht. Wo sie ursprünglich

fixiert waren, ist ungewiss. In jedem Fall waren sie seit der Überwölbung des Kanals am Ende des 17. Jahrhunderts nicht mehr öffentlich sichtbar und nur bei den jährlichen Begehungen zugänglich.

Eine erste ausführlichere Beschreibung dieser Tafeln mit ihren Inschriften hinterließ Joseph Roesch (1794–1855) im Jahr 1830. Er war der zweite „Bauverwalter“ (Stadtbaudirektor) der Stadt Freiburg. Damals waren 22 Tafeln vorhanden, von denen heute zwei verloren sind (Abb. 4).

Die älteste, der aus flachen Steinplatten gefertigten ursprünglichen Tafeln stammt aus dem Jahr 1628, die jüngste Tafel aus dem Jahr 1834. Danach riss diese Tradition, vermutlich bedingt durch erhebliche Umstrukturierungen innerhalb der städtischen Verwaltung, ab. 2001 ist eine Tafel mit den Namen der Oberbürgermeister der Stadt Freiburg seit dem Zweiten Weltkrieg bis ins Jahr 2000 hinzugekommen.

Wer hat sich hier nun bleibende Gedenktafeln errichtet? Eine Durchsicht der Ratsbesatzungsprotokolle und Erbschaftsakten im Freiburger Stadtarchiv macht deutlich, dass es sich bei den hier genannten Personen bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts um so genannte „Bauherren“ handelt, also Mitglieder des städtischen Bauamtes.

Das Bauamt bestand aus drei Bauherren (selbst Mitglieder des Freiburger Rates), zwei Werkmeistern, drei Markern (Geometern) und drei Wuhrmeistern (verantwortlich für die Stellfallen und die Sauberkeit der Kanäle). Sie waren dem städtischen Rat als Gesamtheit und den „Drei Häuptern“, den obersten Repräsentanten der Stadt, unterstellt.

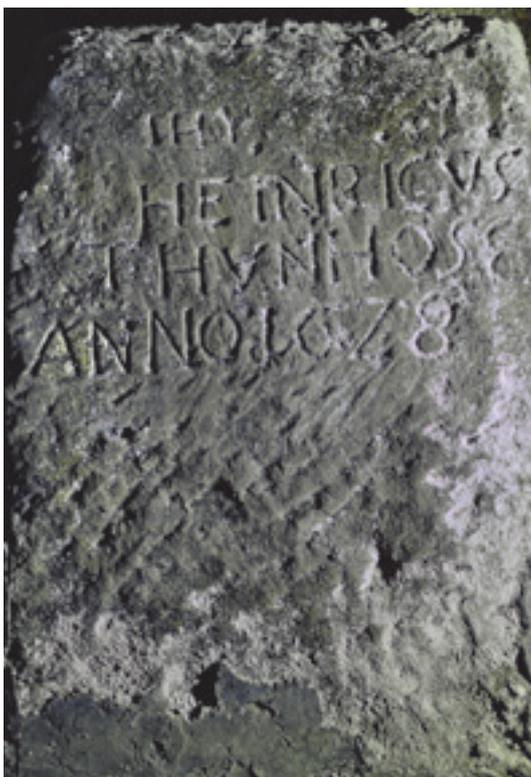


4 Gedenktafeln der Bauherren im Freiburger Bächlestollen.

Ihre Aufgaben waren vielseitig, denn eine Trennung in Hoch- und Tiefbauamt oder unterschiedliche Ämter für Bauordnung, Wohnungsfragen, Gesundheit oder der öffentlichen Ordnung gab es nicht. Zugleich wurden die Bauherren als Sachverständige und Gutachter weit über Freiburg hinaus hinzugezogen. Da auf den Tafeln in der Regel jeweils nur ein Bauherr einer Amtsperiode genannt wird, ist davon auszugehen, dass es sich um jene handelt, die innerhalb des dreiköpfigen Bauamtes schwerpunktmäßig für die Wasserversorgung Freiburgs zuständig waren.

Biografische Angaben zu einigen „Bauherren“

Einige der sehr unterschiedlich gestalteten Tafeln sollen hier näher vorgestellt werden. Die älteste Ta-



5 Tafel des Heinrich Thunhose aus dem Jahr 1628.



6 Tafel des Balthasar Zienast.



7 Tafel der Werkmeister Schrotz und Ziegler sowie der Stadtbaumeister Wipper und Bretz aus dem Jahr 1782.



8 Einsatz des mobilen Laserscanners dotcube 600k.

fel ist sehr schlicht und trägt neben der Jahreszahl „1628“ nur den Namen „Heinricus Thunhose“ (Abb. 5). Viel ist über ihn nicht bekannt: Zu dieser Zeit muss er Mitglied des Bauamtes gewesen sein und wird 1654 als „Obristmeister“ genannt. Damit hatte er das drittichtigste Amt der Stadt inne, die militärische Befehlsgewalt der Stadtverteidigung. Eine weitere schlicht gestaltete Tafel trägt nur den Namenszug des Balthasar Zienast (Abb. 6). Der Weißbäcker, Wirt des Gasthauses „Zum wilden Mann“ und seit 1645 Mitglied des Gerichts, war spätestens seit 1653 Zunftmeister und Mitglied der Freiburger Meistersinger-Gesellschaft. Von 1657 bis 1663 ist er als einer der drei Bauherren nachzuweisen.

Aber auch über die Grenzen der Stadt bekannte Personen waren einst Bauherren der Stadt Freiburg, wie dies die Tafel von 1782 verdeutlicht (Abb. 7). Darauf haben sich, neben den beiden Werkmeistern Ignaz Christian Schrotz und Konrad Ziegler auch die beiden Stadtbaumeister Leonhard Wipper und Johann Adam Bretz ein Denkmal gesetzt: Leonhard Wipper war Maurermeister und Architekt und stammte aus dem Bregenzer Wald. Er war an mehreren Orten im Elsass tätig (zunächst 1763 in Hagenbach bei Dammerkirch, kurze Zeit später in Arlesheim und schließlich 1768 in Masevaux als Baumeister des Damenstifts St. Leodegar), bevor er sich seit September 1770 als Maurermeister und Architekt in Freiburg nachweisen lässt. Er starb 1810. Johann Adam Bretz (1724–1803) stammte aus Zaingrub in Niederösterreich und war Schreinermeister sowie Kunstschreiner. Er wurde im Sommer 1752 in Freiburg zünftig. Bekannt ist er noch heute als Hersteller mehrerer Altäre in den Kirchen des Breisgaus (unter anderem St. Vincenz in March-Neuershausen und St. Maria Himmelfahrt in Ehrenkirchen-Kirchhofen). Im Freiburger Münster ist sein Wirken am Deckel des Taufsteins sichtbar, den er 1768 geschaffen hat. Spätestens seit 1781 war er Zunftmeister.

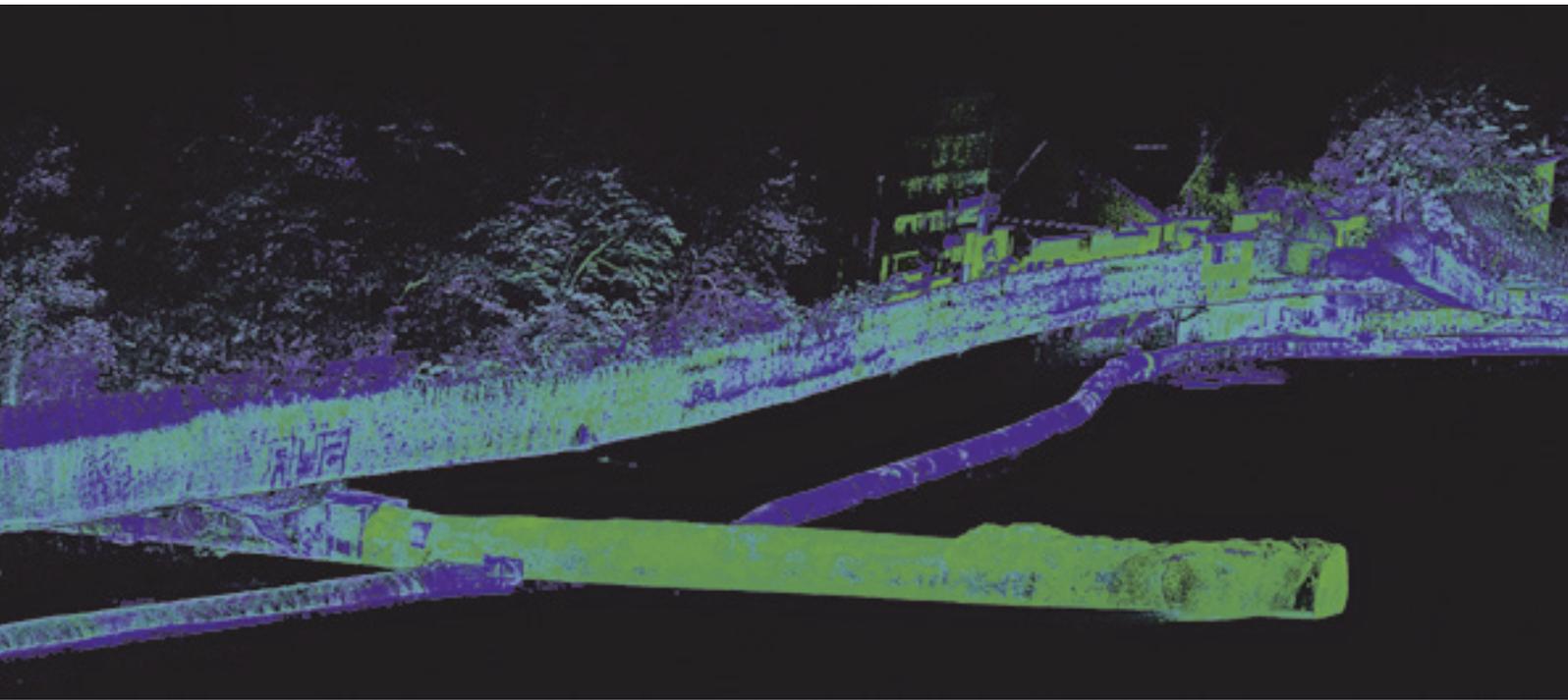
Ein 3D-Modell des Bächlestollens

Während die historischen Eckdaten des Bächlestollens klar umrissen werden können, gibt es keinerlei exakte historische oder aktuelle Pläne zu dessen Verlauf. Zur Erstellung eines dreidimensionalen Modells mussten mehrere Herausforderungen gelöst werden. Der Stollen sollte in seiner gesamten Länge von circa 430 m, inklusive der oberirdischen Umgebung und aller Zwischenverbindungen, innerhalb eines Tages vollständig erfasst werden. So kann der Verlauf relativ zu den oberirdischen Fußwegen, zum Gewerbekanal und zum Eingang des Schutzbunkers bestimmt werden. Schwierig waren auch die beengten Verhältnisse. Die engsten Bereiche des Stollens sind nur 1,20 m hoch und 1,15 m breit. Aus diesen Gründen wurde auf den Einsatz eines stationären Laserscansystems verzichtet und stattdessen ein mobiler Laserscanner eingesetzt (Abb. 8).

Die Funktionsweise des mobilen Laserscannings

Beim mobilen Laserscanning erfolgt die Datenerfassung kontinuierlich, während das Scansystem bewegt wird. Diese neue Technologie wurde ursprünglich für Vermessungen mit der Drohne aus der Luft entwickelt, wird aber auch in zunehmendem Maße für die Dokumentation von Objekten vom Boden aus eingesetzt. Vorteile im Vergleich zu stationären Verfahren sind eine hohe Modellvollständigkeit bei annähernd konstanter Messdatendichte und eine vielfach schnellere Datenerfassung. Darüber hinaus entfällt der manuelle Aufwand, mehrere einzelne Laserscans gegeneinander zu registrieren, da beim mobilen Laserscanning die Scandatenregistrierung automatisiert erfolgt. Der dotcube 600k eignet sich insbesondere für die Erfassung von Tunnelsystemen, da er vollkommen unabhängig von äußeren Bezugsgrößen, wie zum Beispiel GPS, arbeitet und dadurch flexibel an Drohnen, zu Fuß und auf Fahrzeugen gleichermaßen einsetzbar ist. Zudem ist er mit einem Gesamtgewicht von 2,4 kg und einer Höhe von 21 cm auch in der engen Stollenumgebung gut transportabel. Zur Erfassung der Innenbereiche des Stollens wurde das Scansystem abnehmbar auf einem kleinen Transportwagen montiert und vom Messtechniker entlang der Tunnellängsachse bewegt.

Das verwendete Scansystem besteht aus zwei LiDAR-Sensoren (*Light Detection and Ranging*) aus dem Bereich des autonomen Fahrens und einer hochgenauen inertialen Messeinheit, die mit 200Hz die Drehraten und die Lage relativ zum Gravitationsfeld abtastet. Die LiDAR-Sensoren messen, analog zu stationären Scansystemen, die Licht-



laufzeit der Pulse von kreisförmig rotierenden Infrarot-Lasern. Aus jeder vollständigen Rotation ergibt sich dadurch eine so genannte Punktwolke, in der alle erfassten Messungen als Punkte im dreidimensionalen Raum dargestellt werden, einschließlich eines Messwerts der infraroten Reflektivität für jeden Messpunkt. Bei geraden, gleichförmigen Tunneln kann es zu Mehrdeutigkeiten bei der Positionsberechnung entlang der Tunnel-längsachse kommen. Um dies zu vermeiden, wurden vor der Datenaufnahme des Bächlestollens zusätzliche Landmarken in der Form von je zwei aufeinandergestapelten Eimern im Tunnel platziert. Auf diese Weise erfasst das Scansystem dotcube 600k bis zu 600 000 Messpunkte pro Sekunde bei einer Reichweite von maximal 100 m. Einzelne erfasste Punktwolken werden bei der Nachbereitung unter Einbeziehung der hochfrequenten Daten der inertialen Messeinheit von einem SLAM-Algorithmus (*Simultaneous Localization and Mapping*) zu einem gesamten Scanmodell zusammengefasst. Die Herangehensweise dieser Algorithmen ist der Aufbau einer konsistenten Karte, die kontinuierlich mit neuen Daten vom Sensor ergänzt wird. Gleichzeitig aktualisiert der Sensor permanent seine eigene Position innerhalb dieser Karte. Dieses Verfahren setzt voraus, dass ausreichend Struktur in der Umgebung vorhanden ist, um durchgehend alle drei rotatorischen Freiheitsgrade und alle drei translatorischen Freiheitsgrade zu bestimmen.

Ein erstaunliches Messergebnis

Mit der beschriebenen Technik konnte nach einem Tag Geländearbeit im Büro ein Gesamtmodell des Bächlestollens erstellt werden (Abb. 9). Es besteht

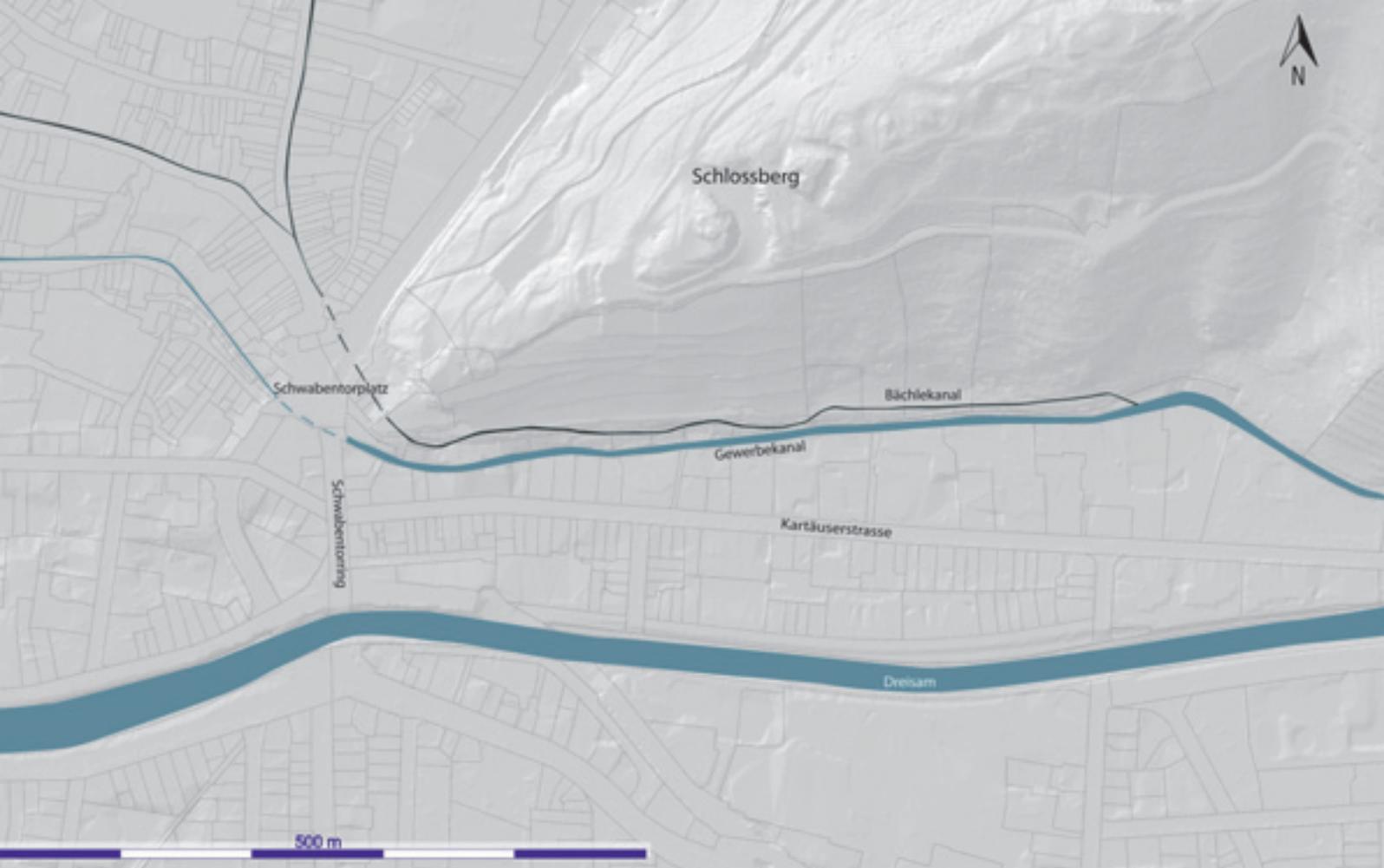
aus 63,5 Millionen Messpunkten, die jeweils eine Koordinate im dreidimensionalen Raum und einen Infrarot-Reflektivitätswert beinhalten, der Rückschlüsse auf die Oberflächentextur zulässt. Dabei ist die Punktdichte aus Gründen der besseren Handhabbarkeit auf einen Punkt je 2 cm-Raster reduziert. Die Gesamtaufnahmezeit für den Stollen inklusive der Außenumgebung lag mit dem mobilen Scansystem bei 2 Stunden und 10 Minuten. Dem 3D-Modell können wesentliche Merkmale des Stollens wie die Stollengeometrie, das Gefälle der Wasserrinne und der Verlauf relativ zur Außenumgebung entnommen werden.

Das überraschende Ergebnis war der Verlauf des überwölbten Hangkanals. Im Innern des Stollens hat man aufgrund der eingeschränkten Sicht in jede Richtung den Eindruck, der Stollen verlaufe schnurgerade durch den Schlossberg. Das Messergebnis zeigt hingegen, dass der Verlauf kurvenreich ist (Abb. 10). Offenbar hat man sich beim Bau des offenen Hangkanals am Ende des 12. Jahrhunderts sehr stark an den topografischen Gegebenheiten orientiert und einzelne Felsnasen umgangen, statt diese abzugraben. Bei der Überwölbung behielt man den alten Trassenverlauf unverändert bei.

Schlussbemerkungen

Durch die Zusammenarbeit der Spezialisten für 3D-Mapping mit Historikern und der Denkmalpflege konnten wesentliche Neuansätze zur Erforschung des Freiburger Bächlestollens gewonnen werden. Trotz mehrfacher Änderungen handelt es sich um eines der ältesten erhaltenen technischen Kulturdenkmale in der Stadt, das nach über 800 Jahren

9 Ausschnitt aus dem Gesamtmodell des Bächlestollens, Blick von Nordosten. Der Bächlestollen ist hier als dünne blaue Struktur zu erkennen. Die ihn querende Struktur in Grün ist der Zugang zum Schlossbergstollen.



10 Verlauf des Gewerbekanals und des nachträglich überwölbten Bächlekanals unter dem Schlossberg.

immer noch funktioniert und in Betrieb ist! Ziel der Vermessung war es, eine Grundlage für künftige denkmalpflegerische Maßnahmen zu erhalten und den bislang nicht bekannten Verlauf des Stollens exakt zu klären. Darüber hinaus ist der Bächlestollen ein außergewöhnliches Beispiel für mittelalterliche Wasserbautechnik, die beim Festungsbau umgestaltet worden ist. Die nun vorliegende Vermessung kann auch hier einen Anstoß für weitere Forschungen bieten. Besonders erfreulich ist es, dass diese Dokumentation im Jubiläumsjahr zur Marktrechtsverleihung Freiburgs vor 900 Jahren vorgelegt werden konnte.

Der „Runz der Werkbesitzer“, vertreten durch Christian und Iso Himmelsbach, sowie dem Garten- und Tiefbauamt der Stadt Freiburg, vertreten durch Artur Wiesler und Herrn Zeiher, ist dafür zu danken, dass wir den Stollen beim jährlichen Bachabschlag im Oktober 2018 betreten und vermessen konnten.

Praktischer Hinweis

Die online zu betrachtende 3D-Dokumentation des Freiburger Bächlestollens kann als Nachtrag zum digitalen Tag des offenen Denkmals 2020 betrachtet werden.

Link zum Video: www.dotscene.com/wp-content/uploads/2020/04/mobiler-laserscan-dotscene-freiburg-2.m4v

Literatur

- Iso Himmelsbach: Die Zuleitung des Wassers für die Freiburger Bächle. Oder: Der sogenannte „Bächlestollen“, in: Schau-ins-Land: Jahresheft des Breisgau-Geschichtsvereins 2021 (im Druck).
- Bertram Jenisch/Peter Kalchthaler/Hans Oelze (Hrsg.): freiburg.archäologie, Petersberg 2019.
- Iso Himmelsbach: Bachabschlag: von Bächen und Kanälen in Freiburg im Breisgau, Freiburg i. Br. 2005.
- Matthias Untermann: Archäologische Beobachtungen zu den Freiburger Altstadt-Straßen und zur Entstehung der Bächle. In: Schau-ins-Land 114, 1995, 9–26.

Dr. Iso Himmelsbach

Gießenstraße 11
79104 Freiburg

Dr. Bertram Jenisch

Landesamt für Denkmalpflege
im Regierungspräsidium Stuttgart
Dienstsitz Freiburg

Andreas Wachaja

Nicolas Trusch
dotscene GmbH
Gerberau 11
79098 Freiburg