

## Le Thillot 1616/17: Die Schießarbeit mit Schwarzpulver als bahnbrechende Innovation in den Bergwerken der Vogesen

### Einführung

In den Jahren 1616 und 1617 vollzog sich in den Vogesen im damaligen Herzogtum Lothringen, genauer gesagt im Bergbaurevier von Le Thillot im oberen Moseltal, ein umfassender technischer Wandel, wenn nicht gar eine Revolution in der Geschichte der Bergbautechnik. Schon zu diesem sehr frühen Zeitpunkt wurde die Schießarbeit mit Schwarzpulver zur Erzgewinnung eingesetzt und damit eine Methode, die einen völligen Bruch mit den traditionellen Gewinnungsmethoden darstellte. Diese bedeutende Veränderung verlief jedoch in aller Stille, da sie nicht über den lokalen Bergwerksbetrieb hinausging und keine zeitgenössischen Schriften hervorbrachte. Auch danach erfolgte die Nutzung und Beherrschung der Explosionsenergie im Bergbau nur langsam und kam zunächst als Ergänzung, schließlich

aber als Ersatz für die klassischen Abbaumethoden mit Metallwerkzeugen, die Arbeit mit Schlägel und Eisen, zum Einsatz. Le Thillot erwies sich als ein besonders günstiger Ort für die historische und archäologische Untersuchung dieser Innovation, da in den Archiven frühe Käufe von Schwarzpulver verzeichnet sind, und auch aufgrund der Entdeckung von mithilfe von Sprengstoffen „durchbohrten“ Stollen aus dem frühen 17. Jahrhundert sowie entsprechenden Werkzeugen. An diesen archäologischen Stätten ließen sich anhand archäometrischer Messungen die Anfänge und die Entwicklung der neuen Methode nachweisen.

Ziel dieses Beitrags ist es, die Bedingungen und Gründe für die Entstehung eines Verfahrens zu untersuchen, das eine neue Ära im Bergbau einleitete, denn die Verwendung von Schwarzpulver bei Gesteinsarbeiten in Bergwerken diente nicht nur als Ersatz für die bis dahin verwendeten Methoden, sondern nutzte neben der menschlichen Muskelkraft und der Wärme des Feuerstetzens als Unterstützung eine neue Energieform. Der Beitrag basiert auf einer Auswertung der neuesten archäologischen Forschungsdaten über die Entwicklung der Bergbautechniken in den Südvogesen während des entscheidenden Zeitraums von 1550 bis 1750, in dem die Verwendung von Schwarzpulver die manuelle Methode im Bergbau ablöste. Diese Forschungen, sowohl in den Archiven als auch vor Ort, haben Elemente einer Typologie der Schießpulverarbeiten und Merkmale mehrerer aufeinanderfolgender, bisher nicht beschriebener technischer Phasen aufgezeigt, die insbesondere in den alten Bergwerken von Le Thillot zu finden sind.<sup>1</sup> Der schrittweise Ansatz greift die verfügbaren Daten und Fakten seit den ersten Jahren des 17. Jahrhunderts sowohl aus der Feldforschung als auch aus den Textüberlieferungen auf.

### **Le Thillot 1616-1617: Investigation of a major breakthrough innovation with gunpowder in the mines of the Vosges**

*On the subject of the technical revolution in the use of gunpowder in mines, historical and archaeological research on the 16th-18th century mines of Thillot (Vosges) have provided original results which reveal that this mining site is at the European scale a remarkable study and reference site in the history of mining techniques. The archaeological study of the architecture of the galleries and the working faces provided original elements of the typology of gunpowder work from 1617. These results are supported by data from the archives and the discovery of the tools made it possible to characterize several technical stages of progress and to improve the speed of hard rock mining. Attempts to reactivate several mining works, former abandoned due to the hardness of the rock, in 1620 have left us galleries, a real textbook case of the beginning explosive technique. These rediscovered sites where the actions of the miners are engraved in the rock are now accessible and visitable.*

### 1. Der geografische, geologische und historische Kontext

Im alten Bergbaurevier des Oberen Moseltals wurden Silber, Kupfer und Eisen gefördert. Historische und archäologische Daten belegen eine Periode der Gewinnung von Silber und Kupfer zwischen 1550 und 1760. Dieses Bergbaurevier, dessen wirtschaftliche Bedeutung im europäischen Vergleich durchschnittlich war, hat sich als günstiges Terrain für die archäologische Forschung erwiesen, da der Zeitraum der Aktivitäten mit

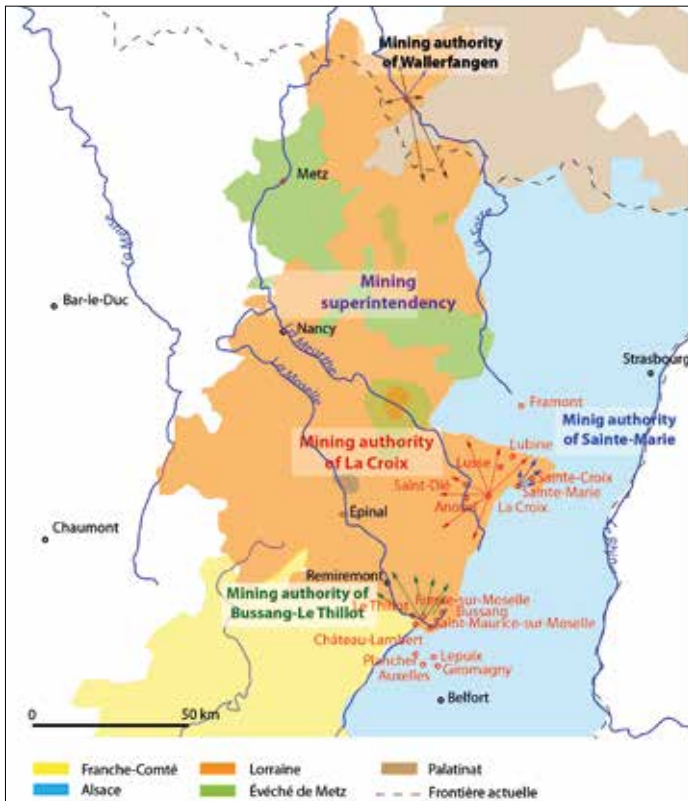


Abb. 1: Geltungsbereiche des Bergrechts in Lothringen im 17. Jahrhundert. (© Grafik: D. Heckenbrenner)

der Entwicklung der neuen Techniken zusammenfällt und im Fall von Le Thillot ein besonderer Kontext besteht.<sup>2</sup>

Das Bergrecht von Le Thillot war eines von vier in Lothringen, neben denen von La Croix, Sainte-Marie-Lorraine und Vaudrevange. (Abb. 1) Zu Beginn des 17. Jahrhunderts war es das wichtigste für die Kupferproduktion, da die Silberbergwerke in Lothringen seit der Mitte des vorangegangenen Jahrhunderts einen deutlichen Produktionsrückgang zu verzeichnen hatten. Um die für den Bergbau unentbehrlichen qualifizierten Bergleute anzuziehen und zu binden, aber auch um Investoren zu gewinnen, sah die herzogliche Wirtschaftspolitik in Lothringen seit dem 15. Jahrhundert vorteilhafte Bestimmungen vor. Wie die „Bergbaugemeinschaften“ in anderen europäischen Ländern waren auch die lothringischen „Bergbaugemeinschaften“ privilegierte soziale Einrichtungen, deren Statuten vom Herzog genehmigt wurden. Der Inhalt der lothringischen Verordnungen zur Festlegung der Bergbaurechte ähnelt den Bestimmungen in den deutschen Ländern und kann leicht mit der Charta der Glasmacher in Lothringen aus dem Jahr 1448 verglichen werden. Die Bergwerke waren ebenfalls frei und die Bergleute nutzten diese Freiheit, um als Wanderarbeiter in „Europa“ tätig zu werden. Solche Bestimmungen für Ausländer finden sich etwa in den herzoglichen Verordnungen, die auf die Anwerbung von Facharbeitern aus den großen Bergbauzentren Mitteleuropas abzielten. Die „bergmännischen Fähigkeiten“ waren der wichtigste Faktor bei der Anwerbung, wobei die Einzigartigkeit und Spezifik der technischen Verfahren sowie der bergbaulichen Sprache und der Messsysteme die Mobilität begünstigten.

Im südlichen Teil der Vogesen befinden sich die höchsten Gipfel. Der vom Bergbau erschlossene Bereich besteht aus Gesteinen, die mit Graniten assoziiert sind, hauptsächlich Dioriten und Sye-

nodioriten, sowie Arkosen, Grauwacken, Peliten oder Tuffen aus dem Viséum. Hier und da gibt es einige Stellen mit Ballongraniten oder Mikrograniten. Glaziale Ablagerungen, im Wesentlichen Moränen, sind ebenfalls vorhanden, betreffen aber nur einen kleinen Teil des bekannten Abbaugebiets. Das Relief dieses Sektors ist durch ein hercynisches Grundgebirge aus Hartgestein gekennzeichnet, das nur selten zutage tritt, da es in der Regel von anderen, darüberliegenden Schichten verdeckt ist. Der geologische Kontext stellte die Bergleute vor das Problem, mit großem Aufwand in oft hartem und kompaktem Gestein arbeiten zu müssen.

## 2. Die Quellen

Zu den Bergwerken von Le Thillot liegen als archivische Überlieferung vor allem die für die Chambre des Comptes du duché de Lorraine erstellten vierteljährlichen Rechenschaftsberichte vor, die im Archiv des Departements Meurthe-et-Moselle (ADMM) aufbewahrt werden. Weiterhin wurden Informationen gleicher Art aus den Archives départementales du Doubs (ADD) verwendet. In Lothringen sind die Informationen in den Comptes abrégés et Contrôles enthalten. Eine teilweise fortlaufende Reihe für den Zeitraum 1600-1630 ermöglichte eine detaillierte Analyse der Konten für die Gesteinsbohrung. Allerdings mussten zwei große Probleme gelöst werden: die Identifizierung der Bergwerke vor Ort und die Erstellung einer Chronologie. Vor allem die Identifizierung der Gruben erwies sich als schwierig, da kein Plan, keine Karte und kein Dokument vorliegt, in dem die Grubeneingänge verzeichnet sind.

Nach dem Abgleich der Archivdaten mit den Ergebnissen der Feldforschung wurden die Namen der in den Texten genannten „Bergportale“ nach und nach den im Feld gefundenen Bergwerken zugeordnet. Dies gelang insbesondere bei den Hauptanlagen mit der größten Ausbeute: Saint-Charles, Henry de Lorraine (heute Saint-Henry) und Saint-Nicolas. Bei den Dutzenden von kleinen Bergwerken, die in den Akten ebenfalls erwähnt werden, erwies sich dies als erheblich schwieriger. Die Informationen in den Texten allein erlaubten es nicht, die zeitlichen Abläufe bei Betriebszeiträumen von teilweise mehr als zwei Jahrhunderten zu bestimmen. Erst nach Interpretation der archäologischen Daten konnten nach und nach Grundelemente der Datierung und der Dynamik der Erzgewinnung ermittelt werden.

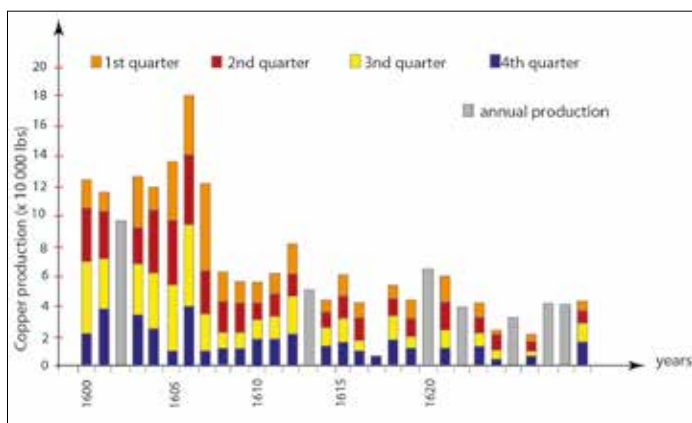
Die Wirtschaftsgeschichte Lothringens war bereits Gegenstand von zahlreichen Veröffentlichungen, aber der Erzbergbau im Kontext mit dem frühen Auftreten des Schwarzpulversprengens erfuhr bislang seitens der historischen Forschung nur eine geringe wissenschaftliche Aufmerksamkeit.<sup>3</sup> Eine Quelle für technische Informationen über die Verwendung von Schwarzpulver findet sich in alten Veröffentlichungen wie dem Speculum Metallurgiae Politissimum von Balthasar Rösler.<sup>4</sup> Dieses Buch beschreibt ausführlich die verschiedenen Aspekte der Bergbautechniken im 17. Jahrhundert, insbesondere die Verwendung von Schwarzpulver. Der „Bericht vom Bergwerk“ von Georg-Engelhardt von Löhneyß, das in mehreren Ausgaben vorliegt,<sup>5</sup> enthält in der Ausgabe von 1700 ein Frontispiz, das eine Explosionsdarstellung eines Bergwerks zeigt. In dieser Szene arbeitet einer der Arbeiter mit einem Werkzeug, bei dem es sich wahrscheinlich um einen Bohrer handelt. Dieses Element ist in den früheren Ausgaben, einschließlich der ersten Ausgabe von 1617, nicht vorhanden.

Die Dokumentation des Pulversprengens wird im 18. Jahrhundert umfangreicher und die genauesten Informationen, abgesehen von den Schriften von Antoine de Gensanne<sup>6</sup>, sind oft deutschsprachigen Ursprungs<sup>7</sup>. Der „Traité de l'exploitation des mines“ von Monnet<sup>8</sup> stellt ebenfalls eine Synthese des deutschen Wissens des 18. Jahrhunderts dar. Das 19. und 20. Jahrhundert bieten eine Reihe von Werken, die häufig mit dem Unterricht in Bergschulen in Verbindung stehen, aber das Thema dann spezifischer auf die Gewinnung von Kohle als auf die von polymetallischen Erzen beziehen. Darüber hinaus haben wir in unseren eigenen Arbeiten<sup>9</sup> Publikationen zu verschiedenen europäischen Bergbauregionen verglichen, die die Erstversuche zum Einsatz von Schwarzpulver im Bergbau für sich beanspruchen.<sup>10</sup> Die Veröffentlichungen zu diesem Aspekt sind zahlreich, aber im Gegensatz zu unserem Ansatz berücksichtigen sie keine archäologischen Daten. Auch in den Vogesen waren die archäologischen Forschungen zur Bergbautechnik bis dahin gering.<sup>11</sup> Im Mittelpunkt des Interesses standen insbesondere Hypothesen zum italienischen Schio<sup>12</sup> und zu Schemnitz<sup>13</sup>. Berg analysierte seinerseits das Beispiel Norwegen.<sup>14</sup> Die Untersuchungen von Hollister-Short<sup>15</sup>, Ludwig<sup>16</sup> und Wild<sup>17</sup> wurden vor den ersten Ergebnissen unserer Arbeit<sup>18</sup> veröffentlicht.

### 3. Gründe und Triebkräfte des Wandels

Die Bergwerke in den Vogesen, insbesondere die kupferproduzierenden, befanden sich Anfang des 17. Jahrhunderts an einem Wendepunkt, der mit einem Produktionsrückgang der lothringischen Silberminen von La Croix und Ste-Marie zusammenfiel, die nicht mehr das gute Produktionsniveau des frühen 16. Jahrhunderts erreichten.<sup>19</sup> Die in den Kupferbergwerken von Le Thillot 1560 aufgenommene Förderung erreicht ihr Produktionsmaximum zu Beginn des 17. Jahrhunderts, um dann ab 1607 stark zurückzugehen und nur noch 50 % der Produktion der Jahre 1600-1606 zu erreichen. (Abb. 2) Auch der aussagekräftige Wert der Anzahl der pro Jahr geschmiedeten Werkzeuge (Bergeisen), etwa 100.000 im Jahr 1606, ging nun ebenso wie die der Bergleute stark zurück. Die Berichte weisen ein finanzielles Defizit aus, da die Ausgaben die Einnahmen überstiegen. Angesichts des Einnahmerückgangs erhielten die Rechnungsprüfer der „Chambre des Comptes“, Bardin und Renel, im April 1614 den ungewöhn-

Abb. 2: Entwicklung der Produktion von raffiniertem Kupfer im Zeitraum 1600-1630.



lichen Auftrag, die Rechnungen der Bergwerke von Le Thillot für das Osterhalbjahr zu prüfen.<sup>20</sup> In der Tat spiegeln die in der Quelle verwendeten Begriffe die Dringlichkeit und die Besorgnis der herzoglichen Verwaltung, die den vor dem Hintergrund übermäßiger Kosten geringen Gewinn und den insgesamt schlechten Zustand der Bergwerke kritisierte. Die Prüfer standen nun vor der Aufgabe, neben einem umfassenden schriftlichen Bericht auch Vorschläge zu formulieren, um die Bergwerke in Stand zu setzen und wieder einen florierenden Betrieb zu ermöglichen. Die Situation veränderte sich zunächst jedoch kaum, auch wenn die Kupferproduktion im Jahr 1615 zwischenzeitlich noch einmal angehoben werden konnte. Der herzogliche Rechnungshof war darüber äußerst beunruhigt und schickte einen Rechnungsrat vor Ort, um Nachforschungen anzustellen. Im Mai 1617 wurden die Prüfberichte für das erste Quartal des Jahres und ein fehlendes Quartal des Jahres 1616 angefordert.<sup>21</sup> Aus den Produktionszahlen ist ersichtlich, dass die Verwendung von Schießpulver ab 1618 offenbar keine Verbesserung bewirkte, sondern lediglich die Aufrechterhaltung der bisherigen Produktion für einige Jahre ermöglichte. Um 1622 setzt sich der Rückgang fort.

Tatsächlich war das Ergebnis bei Arbeiten mit Schießpulver in „normalem“ Fels im Vergleich zur klassischen Methode nicht beträchtlich. Einige Quellen<sup>22</sup> erwähnen allerdings einen Vortriebsfortschritt im Stollen mit Schießpulver von 2 „Toises“ (3,80 m) pro Quartal für eine Querbohrung in hartem Fels, dies jedoch erst für die Jahre 1631 und 1632. Das bedeutet, dass man hier mit Schießpulver Vortriebsarbeiten, die ohne Schießpulver unmöglich waren, in einer Geschwindigkeit durchführen konnte, die mit der der klassischen Arbeit mit Schlägel und Eisen in leichter zu bearbeitendem Fels vergleichbar war. Dazu sei angemerkt, dass Balthasar Rösler später schrieb: „Sprengen wird nur bei hartem und kompaktem Gestein angewandt [...] wo man nur mit Schieß- oder Feuertechnik vorankommt und wo die Härte es kaum erlaubt, im Gestein vorzudringen.“<sup>23</sup>

### 4. Quantifizierung des Schwarzpulververbrauchs

Die vierteljährlichen Rechnungen der Bergwerke von Le Thillot weisen die ersten Käufe von Schwarzpulver für das vierte Quartal 1617 aus.<sup>24</sup> (vgl. Abb. 3, 4, 5, 6) Zu dieser ersten Notierung sind verschiedene Anmerkungen erforderlich. Die Menge ist nicht angegeben, der danach stabile Kaufpreis erlaubt es jedoch, diese Lieferung auf 9 oder 10 Livres zu schätzen. Der Verwendungszweck dieses Pulvers ist sehr deutlich angegeben: „Poudre fournie pour tirer dans la montagne et faire sauter la roche“ – „Pulver geliefert, um in den Berg zu schießen und den Fels zu sprengen.“ Eine weitere Präzisierung findet sich in der folgenden Rechnung aus dem ersten Quartal 1618<sup>25</sup>: „Pour 50 livres de poudre employees a faire sauter la roche dans la montagne et donner ouverture pour poursuivre les Gangues“ – „Für 50 Livres Pulver, um den Felsen im Berg zu sprengen und die Öffnung für die Verfolgung des Ganges zu schaffen.“ Der Hinweis auf den Kauf des Pulvers liefert zusätzliche Informationen, denn der Begriff „Gang“ wird mit dem Nebengestein der Adern identifiziert. Die ersten drei Rechnungen für das Jahr 1617 sind nicht bekannt. Ebenso fehlt der exakte Bestimmungsort der Lieferungen, sodass sich die versorgten Bergwerke nicht feststellen lassen. Auf der Grundlage der verfügbaren Archivdaten zeigt Abbildung 7 die Entwicklung des Schwarzpulververbrauchs zwischen 1617 und 1626 in 3-monatigen Zählperioden. Die Menge

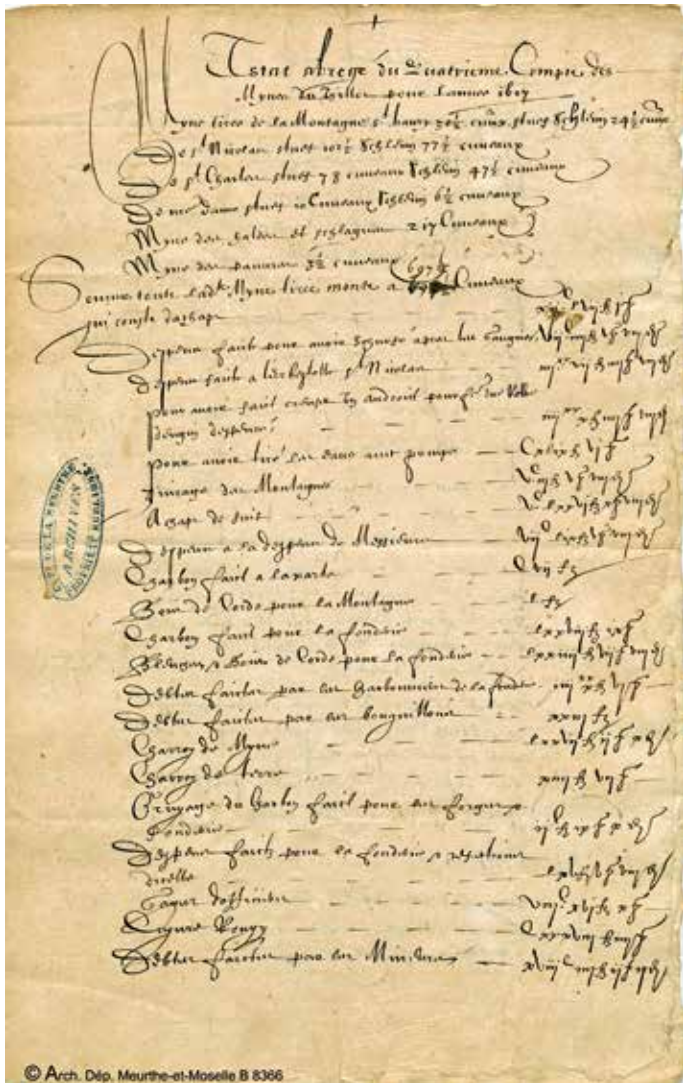


Abb. 3: Text des vierten Quartalsberichts der Bergwerke von Le Thillot.

Abb. 5: Transkription des Textes des vierten Vierteljahresberichts über die Bergwerke von Le Thillot.

Copie de l'estat abrégé du quatrième compte des mines du Thillot pour l'année 1617  
[fol. 1]

**Estat abrégé du quatrième compte des mines du Thillot pour l'année 1617**

Myne tirée de la montagne St-Hanry : 30 ½ cuveaux stuef ; schleim, 24 ½ cuveaux.  
 De St-Nicolas : stuef, 102 ½ ; schleim, 77 ½ cuveaux.  
 De St-Charles : stuef, 78 cuveaux ; schleim, 47 ½ cuveaux.  
 De Notre-Dame : stuef, 10 cuveaux ; schleim, 6 ½ cuveaux.  
 Myne des haldes et schlagues : 217 cuveaux.  
 Myne des pauvres : 3 ½ cuveaux.

Somme toute ladite myne tirée, monte à 597 ½ cuveaux, qui couste d'achapt ..... XII<sup>c</sup> LVII F I g.

Despence faite pour avoir schurfé après les gangues ..... VII<sup>c</sup> III F V g VIII d.  
 Despence faite à l'erbestolle St-Nicolas ..... III<sup>xx</sup> VII F III g VIII d.  
 Pour avoir fait creuser un androict pour faire une rowe d'engin, despencé ..... III<sup>xx</sup> X F III g VIII d.  
 Pour avoir tiré les eaux avec pompes ..... CXLIX F VI g.  
 Ziurage des montagnes ..... V<sup>c</sup> III F V g VIII d.  
 Achapt de suif ..... V<sup>c</sup> LXXVI F X g VIII d.  
 Despencé à la despence de Messieurs ..... VII<sup>c</sup> LIX F V g VIII d.  
 Charbon fait à la Xarte ..... CVII F .....  
 Bois de corde pour la montagne ..... L F.  
 Charbon fait pour la fonderie ..... LXXVIII F IX g.  
 Blenches et bois de corde pour la fonderie ..... LXXIII F VII g VIII d.  
 Debtes faites par les charbonniers de la fonderie ..... III<sup>xx</sup> X F VI g.  
 Debtes faictes par les bouquillons ..... XXIII F.  
 Charroy de myne ..... LXXVII F II g X d.  
 Charroy de terre ..... XIII F VII g.  
 Gruyage du charbon fait pour les forges et fonderie ..... II<sup>c</sup> F IX g X d.  
 Despens faictz pour la fonderie et réfections d'icelle ..... LXV F V g VIII d.  
 Gages d'officiers ..... VIII<sup>c</sup> XVI F X g.  
 Cuyvre rougy ..... CXXXVIII F III g.  
 Debtes faictes par les mineurs ..... XVIII<sup>c</sup> III F II g II d.  
 [fol. 1 v]

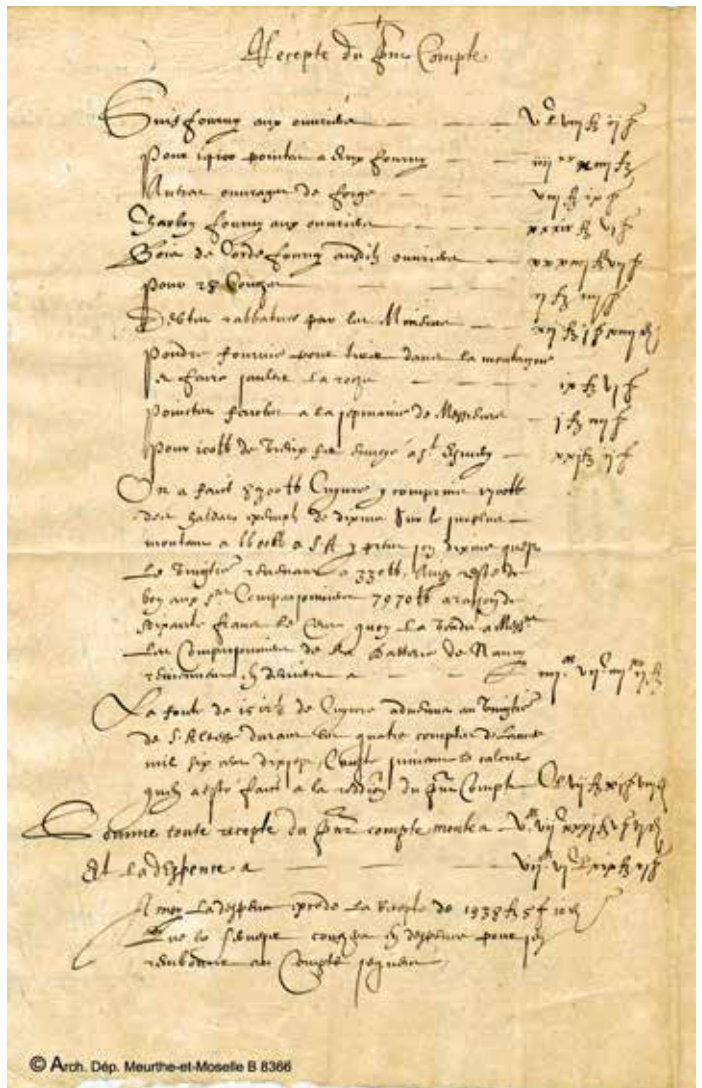


Abb. 4: Quittung der Rechnung für das vierte Quartal 1617 mit Angaben zu den an die Bergleute verkauften Vorräten, zu Kohle, Holz, Pulver und Werkzeug.

Abb. 6: Quittung der Rechnung für das vierte Quartal 1617, Transkription der Einzelheiten der an die Bergleute verkauften Vorräte, Kohle, Holz, Schwarzpulver und Werkzeug.

**Recepte du présent compte**

Suif fourny aux ouvriers ..... V<sup>c</sup> LVIII F II g.  
 Pour 14 100 pointes à eux fourny ..... III<sup>xx</sup> XIII F.  
 Autres ouvrages de forge ..... VIII F IX g.  
 Charbon fourny aux ouvriers ..... XXXIX F VI g.  
 Bois de corde fourny ausditz ouvriers ..... XXXIII F VII g.  
 Pour 28 conches ..... III F III g.  
 Debtes rabattues par les mineurs ..... XII F I g XIII d.  
 Poudre fournie pour tirer dans la montagne et faire sauter la roche ..... IX F II g.  
 Pointes faictes à la semaine de Messieurs ..... I F III g.  
 Pour 100 livres de vieux fer envoyé à St-Esmery ..... XXI F II g.  
 On a fait 8 300 livres cuyvre, y compris 1 700 livres des haldes exempt de dixme. Sur le surplus, montant à 6 600 livres, S.A. y prend son dixme qu'est le vingtième, revenant à 330 livres; ainsy reste de bon aux sieurs comparsonniers 7 970 livres. A raison de soixante frans le cent qu'on la vendu à Messieurs les comparsonniers de la batterie de Nancy, reviennent en deniers à ..... III<sup>xx</sup> VII<sup>c</sup> III<sup>xx</sup> II F.

war anfangs mit nur 400 Pfund gering, erreichte aber in den Jahren 1623 und 1624 dann jeweils 2.000 Pfund. Diese Zahlen deuten auf eine rasche Durchsetzung der neuen Technik des Pulverschießens hin und dies bereits vier Jahre vor der Demonstration von Kaspar Weindl in Schemnitz (Slowakei) im Jahr 1627.<sup>26</sup> Hintergründe zum Bezug von Schwarzpulver, dessen Verwendung bis dahin ausschließlich mit militärischen Zwecken verbunden war, sind nicht dokumentiert. Die offenbar rasche Beherrschung des Sprengstoffs und damit seiner charakteristischen Gefahren, aber auch das durchweg sehr harte Gestein führten bald zur An-

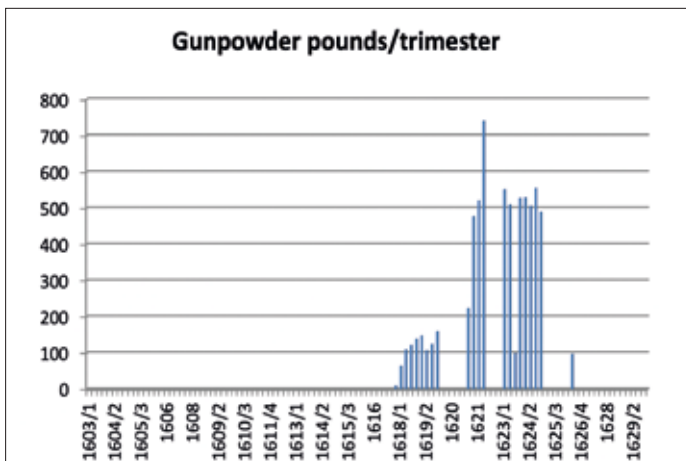


Abb. 7: Vierteljährliche Entwicklung des an Bergleute verkauften Schwarzpulvers für den Zeitraum 1603-1629.



Abb. 8: Wandspuren in den Bergwerken von Le Thillot, die durch Schießpulversprengungen entstanden sind. (© Foto: Société d'Étude et de Sauvegarde des Anciennes Mines (SÉSAM))

wendung im gesamten Bergbaurevier. Die lothringischen Texte erwähnen keine durch Schießpulver verursachten Unfälle in Le Thillot. Dieser Aspekt ist umso bedeutender einzuschätzen, wenn man den dramatischen Unfall betrachtet, der sich 1642 in den Bergwerken des Radhausbergs in der Nähe von Gastein in Österreich ereignete<sup>27</sup> und der angesichts der Verletzungen, die hier durch die vorzeitige Explosion von Schießpulver verursacht wurden, die Angst vor dem Umgang mit Sprengstoff gut veranschaulicht. Zugleich war dies 25 Jahre nach Le Thillot der vierte Versuch zur Anwendung der neuen Technik zur Sprengung von Gestein mit Schwarzpulver.

## 5. Modifizierung und Weiterentwicklung der Schießarbeit ab 1617

Die archäologischen Untersuchungen, die zwischen 1987 und 1995 in Le Thillot und in den Bergbaurevieren des Oberen Moseltals durchgeführt wurden, berücksichtigten insbesondere die Merkmale des Schießpulverbergbaus und die damit verbundenen, in das Gestein eingeschriebenen Werkzeugspuren. Um die Schießarbeit des 16., 17. und 18. Jahrhunderts voneinander abzugrenzen, wurde von Anfang an eine typologische Studie durchgeführt, jedoch ohne von vornherein den Versuch einer Datierung zu unternehmen. Erst die statistische Aufbereitung der Daten ermöglichte schließlich im Nachhinein eine entsprechende Einordnung. Am Anfang der Studie stand die Frage: Gibt es Parameter zur Unterscheidung der aufgefundenen Werkzeugspuren, die es ermöglichen, ein typologisches Referenzsystem für die verwendeten Werkzeuge zu erstellen und damit auch Hinweise auf die Einsatzzeiträume zu gewinnen? Kann man einen Stollen datieren, wenn keine entsprechenden Dokumente existieren, nur indem man die Spuren untersucht? Die „Naivität“ des anfangs rein messtechnischen Ansatzes war dahingehend von Vorteil, dass er ausschließlich auf erhebaren Daten und Fakten beruhte. Das Bohrloch als Überbleibsel des Schießens wurde also untersucht, um „die Zahlen zum Sprechen zu bringen“.

Die Spur des Bohrers im Gestein nach der Explosion ist durch einige Parameter gekennzeichnet. (Abb. 8) Daher konzentrierte sich die Ausgangshypothese dieser speziellen Untersuchung auf mögliche Variationen dieser Parameter, die auf Veränderungen

der Bohrlochmerkmale hinweisen. Ein Satz von 1.147 Löchern, die in fünf Bergwerken des Tals festgestellt wurden und Bohrer Spuren aufweisen, ermöglichte die Ausarbeitung einer typologischen Referenz vor dem Hintergrund bekannter Betriebsdaten. Die Messungen der Merkmale der Spuren ergaben als wichtigste Variablen<sup>28</sup> den Durchmesser des Lochs, seine Länge, die Form des Endes, die Form des Abschnitts, die Geradheit der Spur und den Zustand der inneren Oberfläche. Diese Beobachtungen ermöglichten es, für den Bereich des Oberen Moseltals anhand der Entwicklung des Durchmessers und der Schärfe der Bohrer mehrere Phasen zu unterscheiden.

Das erste Werkzeug aus dem Jahr 1617 besitzt einen großen Durchmesser von 35 bis 40 mm sowie ein viereckiges Ende mit vier Schneiden und einer zentralen Spitze (Kronenschneider) (Typ I). Danach erfolgte die Entwicklung bis zum 18. Jahrhundert zunächst durch eine Verringerung des Durchmessers auf unter 30 mm (Typ II), dann in einem dritten Schritt durch eine Änderung der Form der Schneide, die flach wurde, mit leicht abgerundeter Kante, wobei das Werkzeug den gleichen Durchmesser beibehielt (Typ III). Die Änderung des Durchmessers ging mit einer Verkürzung der Werkzeuglänge einher. Das Loch wurde mit einem Bohr-Krätzer gereinigt, dann mithilfe von neuen Werkzeugen wie Schießnadeln („Epinglette“) und Stampfern mit Pulver gefüllt und abschließend zunächst mit einem Holzpflock, später auch mit Lehm bzw. Ton verdammt. Diese drei Perioden aufzeigende Typologie konnte durch die Entdeckung entsprechender Werkzeuge untermauert werden.

## 6. Aber wo, in welchem Bergwerk von Le Thillot, wurden 1616 und 1617 die ersten Schüsse abgegeben?

Im folgenden Abschnitt wird ein gut erforschter Einsatz von Sprengungen in einem Stollen vorgestellt. Betrachtet man die in den Jahren nach 1617 verwendeten Pulvermengen (vgl. Abb. 7), so zeigen sich gewisse Unterschiede. 1618 stieg die Menge des verwendeten Schießpulvers in Pfund (Livres (l)) pro Quartal jeweils leicht an (65 l, 109 l, 122 l, 138,5 l), während sich 1619 eine gewisse Stabilität einstellte (148 l, 107 l, 125 l, 160 l). Der Jahres-

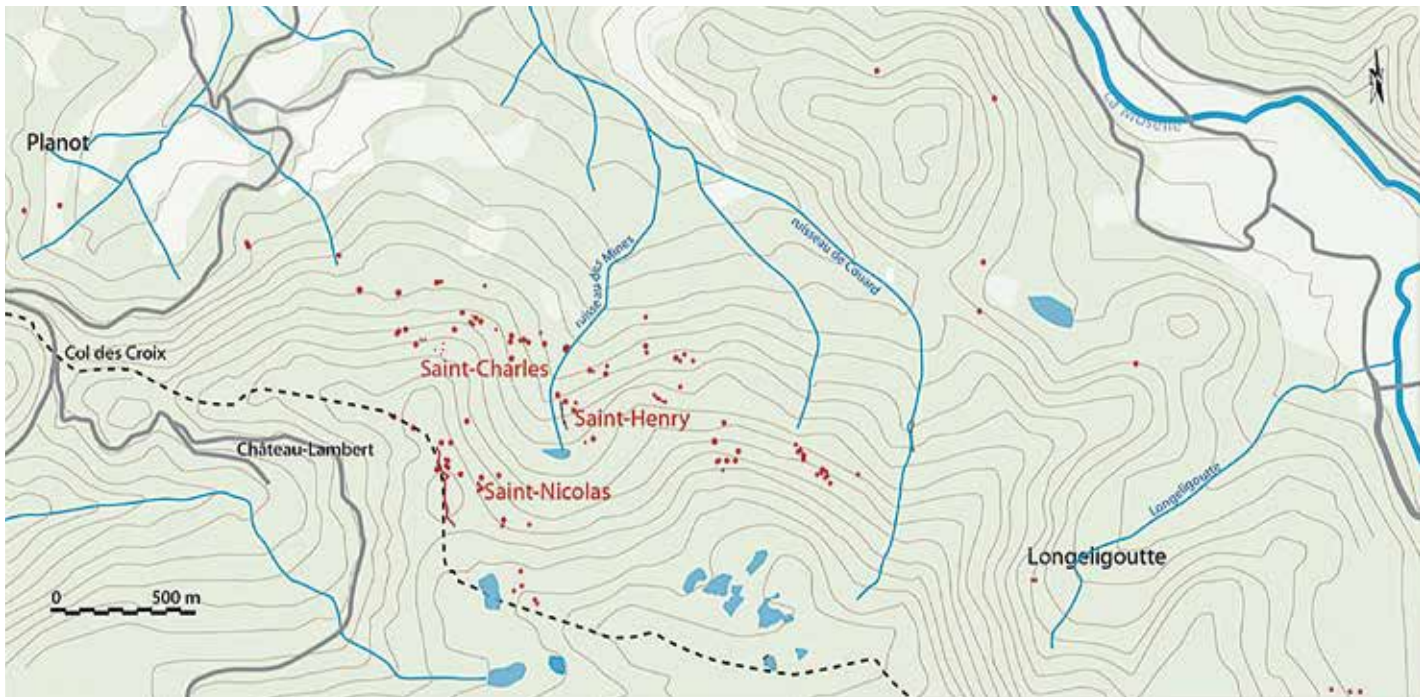


Abb. 9. Lage der Abbaustätten von Le Thillot.



Abb. 10: Beispiel für das Schneiden des Quarzgangs mit Schlägel-und-Eisen-Arbeit und Aufweitung mit Schießpulver, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 11: Bohrerhalterung vor einem Bohrloch, gefunden in der Mine St-Nicolas, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

verbrauch stieg von 434,5 auf 540,5 Pfund. Zugleich ist ein Anfangszeitraum von sieben aufeinanderfolgenden Quartalen mit Mengen von 100 bis 150 Pfund Pulver festzustellen. Die Pulverkäufe wurden dann erst wieder 1621 mit drei Rechnungen aufgenommen (224 l, 477 l, 520 l). Zu diesen gesamt 1.221 l kam im ersten Quartal 1622 eine Rekordmenge von 740 l, dann beliefen sich die Lieferungen 1623 und 1624 durchschnittlich auf 500 l pro Quartal, sodass dieser Abschnitt als zweiter Zeitraum mit festen Bezugsmengen definiert werden kann.

Die Standorte der Versuche während der ersten vier Jahre nach 1616 sind derzeit nicht identifiziert. Die Arbeiten erfolgten wahrscheinlich in St-Charles, St-Henry oder St-Nicolas (Abb. 9) und könnten als Sprengungen angesehen werden, um die Quarzader zu klären, denen ein großer Schram mit Schlägel-und-Eisen-Arbeit vorausging (Abb. 10 und 11). Später, als das Verfahren beherrscht wurde, veranlasste der Gedanke, seine Anwendung zu

optimieren, die Bergleute dazu, weitere Entwicklungen voranzutreiben, eine Maßnahme, die dann aber wegen der zu hohen Kosten der Bohrarbeit aufgegeben wurde.

### 6.1 Ein wesentliches Faktum ab 1620: Die Bemühungen um die Wiederinbetriebnahme älterer Werke mit Schießarbeit

Die vierteljährlichen Rechnungen der Bergwerke von Le Thillot für 1621<sup>29</sup>, die von Nicolas Godel kontrolliert wurden, enthalten im Abschnitt der Ausgaben sehr informative Hinweise unter dem Titel: „Despence soutenue par ledit recepveur pour avoir fait travailler es montagnes nouvellement trouvées et descouvertes“ – „Verdienst des zuvor genannten Empfängers für die Arbeit in den neu- oder wiederentdeckten Bergen.“ Diese „Berge“ bzw. Bergwerke werden genannt: Saint-Jean, Sainte-Elisabeth, Saint-

Laurent, Sainte-Anne, Saint-Mathias und St-Symon. Wenn die beiden Bergwerke St-Mathias und Ste-Elisabeth neu waren, zeigt die Geschichte der anderen, wo die Bohrungen eingestellt wurden, gut die Absicht einer Wiederinbetriebnahme mithilfe des Pulversprengens. Bei St-Symon, sehr früh im Jahr 1560 und dann 1598 erwähnt, begannen die Arbeiten erneut 1621; bei St-Jean, erwähnt 1561 und dann 1578, in den Jahren 1620 und 1624; bei St-Laurent, erwähnt 1569, 1608 und 1609, in den Jahren 1620/21; bei Ste-Anne, erwähnt 1561, erstmals 1607 und dann laut dieser Aufstellung ebenfalls 1620/21.

Es ist sehr bezeichnend, dass in den Rechnungen alle diese früher aktiven und dann aufgegebenen Stätten zur gleichen Zeit in den Jahren 1619, 1620 oder 1621 als wieder in Betrieb genommen gemeldet werden. In diesen Berichten werden jedoch nur Ausgaben vermerkt und keine Einnahmen, die als Hinweis für den Erfolg oder Misserfolg der wiederaufgenommenen Mineraliengewinnung hätten dienen können. Außerdem beziehen sich diese Angaben nur auf jeweils ein oder zwei Jahre. Es ist anzumerken, dass drei dieser Bergwerke denselben Verwalter hatten, einen Mann namens Allemant, während für die anderen großen Bergwerke in Le Thillot, St-Charles, St-Henry und St-Nicolas, Nicolas Bernequer zuständig war.

Die Wiederinbetriebnahmen der Jahre 1621-1622, für die Bergleute, Werkzeuge und Schießpulver benötigt wurden, war mit hohen Kosten verbunden, und es ist bezeichnend, dass der Herzog von Lothringen für einen Zeitraum von vier Quartalen an der Finanzierung mehrerer Bergwerke beteiligt war. Die Rechnungen weisen seinen Deckungsanteil für die nichtproduktiven Arbeiten jedes dieser Bergwerke detailliert aus. Im Juni 1621 kamen zwei Prüfer der lothringischen Rechnungskammer, Bardin und Rennel, nach Le Thillot, um sich die Rechnungen anzusehen und auch: „die neuen Berge zu erkennen“. Der Anteil des Herzogs belief sich auf vier Viertel bei jedem dieser Bergwerke. Die Kosten betrugen 31 Francs pro Quartal für St-Elisabeth, 10 Francs für St-Jean und 16 Francs für St-Laurent. Die Quittungen sind mit dem

Namen desselben Verwalters „Estienne Allemant“ unterzeichnet. In den Folgejahren erscheinen diese Bergwerke dann nicht mehr in der Liste der aktiven Anlagen.

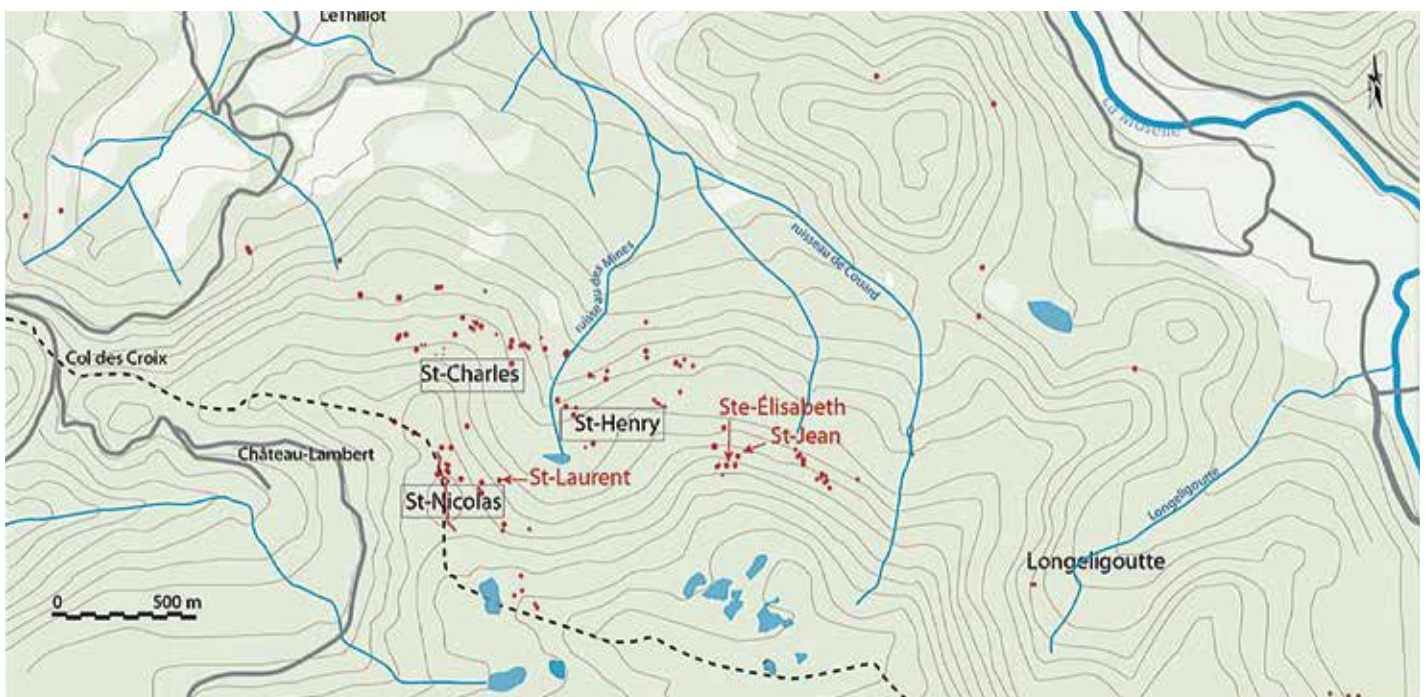
Die kurze Dauer der Arbeiten in den Jahren 1620-1622 deutet darauf hin, dass sich die durch den Einsatz des Schießpulvers geweckten Hoffnungen auf eine mögliche Wiederbelebung dieser schwierigen Stätten und einen kontinuierlichen Bergwerksbetrieb nicht erfüllten, da keine ausreichenden Erzvorkommen vorhanden waren. Folglich wurde die Finanzierung an dieser Stelle beendet und die Ausgaben für das Schießpulver kamen dann anderen Bergwerken zugute. Einige dieser Bergwerke konnten bislang nicht lokalisiert werden, aber diejenigen, die aufgefunden wurden, scheinen aufgrund ihrer geologischen Lage interessant, da sie wahrscheinlich ein hartes, sogar sehr hartes Gestein aufweisen, das für die Einstellung der Arbeit mit Schlägel und Eisen verantwortlich war.

## 6.2 Wichtige archäologische Stätten, die in Frage kommen

St-Jean, in der Nähe von Ste-Elisabeth, und St-Laurent wurden geografisch lokalisiert. (Abb. 12) Diese Standorte weisen in der Tat sehr hartes Gestein auf. Die Bergwerke St-Mathias, Ste-Anne und St-Symon konnten dagegen nicht eindeutig zugeordnet werden. Ein Abgleich der Gebirgsbedingungen und damit des möglichen Tempos der Arbeiten mit den Quellenangaben hat es jedoch ermöglicht, Identifizierungen von hoher Wahrscheinlichkeit vorzuschlagen. Jedenfalls ist die Wahl von Standorten für eine Wiederinbetriebnahme nicht zufällig erfolgt, sondern es ist sicher, dass diese auf strategischen Entscheidungen beruhte. Auf der Grundlage des derzeitigen Wissensstandes ist es möglich, die folgenden Annahmen zu treffen.

So handelt es sich bei St-Laurent um einen Explorationsstollen, der mögliche Erzvorkommen in dem bis dahin unerschlossenen Gebiet zwischen St-Charles und St-Nicolas in 130 m Höhe auf-

Abb. 12: Lage der in Le Thillot erwähnten Bergbaustätten.



finden sollte. Die beiden hier entdeckten, zu 45° geneigten und aus einer Verwerfung resultierenden Adern liegen parallel und 500 m voneinander entfernt. Die beiden anderen archäologischen Fundstellen haben sich dagegen als wichtige Meilensteine bei der Erforschung der frühen Pulvertechnologie erwiesen. Sie gehören zu einer Gruppe kleinerer Bergwerke, die 1 km östlich des Hauptbergwerks liegen. Eine dieser Gruben – die „myne de cuyvre dans les hauts bois“ – konnte als „Mine St. Jean“ identifiziert werden. Es handelt sich um eine mineralisierte Ader mit einem Neigungswinkel von ebenfalls 45°. In den bekannten Texten taucht dieser Schacht episodisch in den Jahren 1561/62 auf. Dreißig Meter unterhalb des Schachtes wurde ein Stollen vorangetrieben, der die Ader St-Jean in der Tiefe kreuzen sollte. In den Texten wird allerdings nicht immer konkret angegeben, ob es sich um das Bergwerk oder nur einen Stollen handelte. Der andere Standort, das Bergwerk Ste-Elisabeth, wird in den Jahren 1620 und 1621 erwähnt. Ste-Elisabeth erschloss das Gebiet direkt östlich entlang der Achse der St-Jean-Ader.

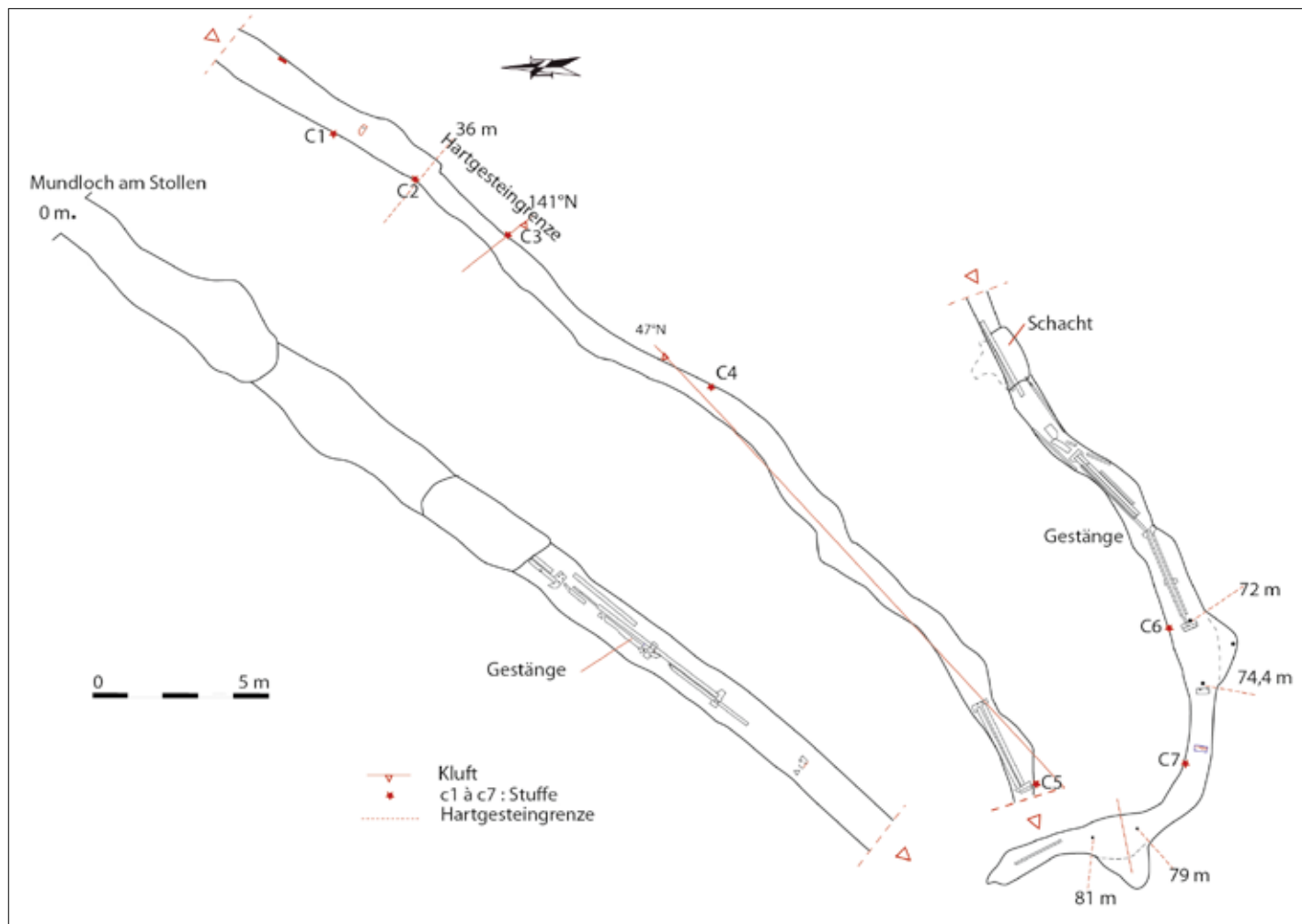
Die seit vielen Jahren stillgelegten Bergwerke St-Jean und St-Laurent sowie das 1620/21 neu eröffnete Bergwerk Ste-Elisabeth lieferten die entscheidenden archäologischen Informationen, die in diesem Artikel behandelt werden. Zwei der Querstollen, der St-Laurent-Stollen und der St-Jean-Stollen, zeugen von den erfolgreichen Bergbauversuchen im 16. Jahrhundert, denn sie waren mit

der Schlägel-und-Eisen-Technik begonnen worden und wurden dann wahrscheinlich aufgegeben, weil man auf härteres Gestein stieß, das mit den im 16. Jahrhundert verwendeten Methoden schwer zu bearbeiten war. Die Untersuchung dieser Stollen, deren Identität zum Zeitpunkt ihrer archäologischen Entdeckung nicht bekannt war, erwies sich als umso interessanter, da die mithilfe von Schießpulver hergestellten Abschnitte nach unserer Typologie dem frühen 17. Jahrhundert zugeordnet werden können. Außerdem ermöglichten sie maßgeblich die Entwicklung und Konsolidierung der Typologie der Spuren der Schießarbeit. Die Entdeckung von Werkzeugen und zugehörigem Material vervollständigte die Daten, da sie mit den Spuren übereinstimmten.<sup>30</sup> In der neben St-Jean wiedereröffneten Grube St-Elisabeth wurde 1620 ausschließlich mit Schießpulver gearbeitet. Sie weist ebenfalls Merkmale auf, die für das Verständnis der frühen Technik nützlich sind.

### 6.2.1 Der Stollen von St-Laurent

St-Laurent, ein Stollen, der unter den Bergwerken von St-Nicolas vorangetrieben wurde, weist einige Besonderheiten auf, vor allem eine endständige Ortsbrust, die ein lehrreiches Beispiel für die neue Pulvertechnik darstellt. Unseres Wissens befinden sich hier die ältesten Spuren einer Verwendung von Schießpulver, wobei es eine Reihe von technischen Kriterien erlaubt, diese Früh-

Abb. 13: Planansicht der Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Grafik: SÉSAM)





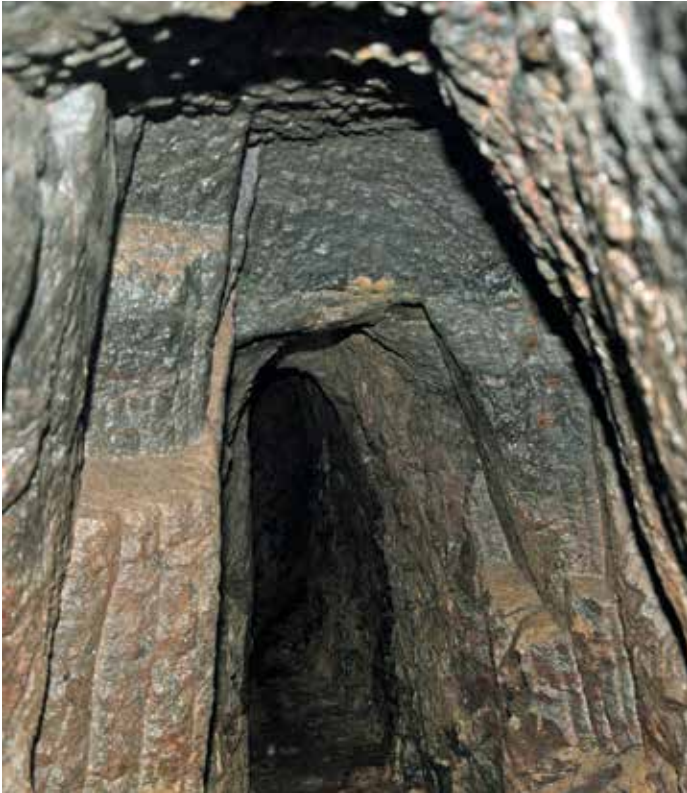


Abb. 14: Beginn des Hartgesteins, Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

Abb. 15: Ortsbrust der Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

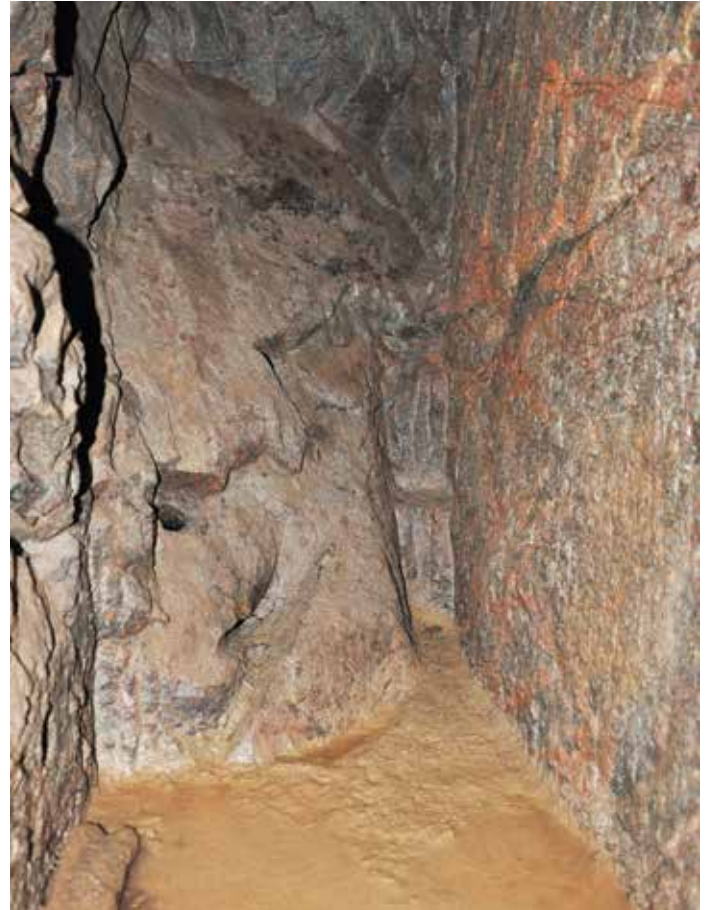


Abb. 16: Ortsbrust der Mine St-Laurent, Le Thillot, Detail des unteren Teils. (© Foto: SÉSAM)

zeitigkeit zu bestätigen. Auf dem Plan dieses 84 m langen Stollens ist zu erkennen, dass das Gestein 36 m vom Eingang entfernt hart wird. (Abb. 13, 14) An dieser Stelle zwang diese Situation zuvor zur Aufgabe der Hand- und Feuerarbeiten und es beginnen die Spuren des Pulversprengens. Ein weiteres interessantes Element findet sich auf der Höhe der ersten Bohrer Spuren. Von diesem Punkt bis zur Stirnseite weist der Stollen eine konstante Architektur und Charakteristik auf. Nur zwei spätere Versuche, die Wände zu bearbeiten, sind auf 72 und 79 m sichtbar. Der St-Laurent-Stollen weist besondere Merkmale auf, die vollständig als Zeugnisse einer frühen Technik interpretiert werden können:

- Während die linke Wand im Bereich von 36 m bis 84 m durch Schüsse mit Schießpulver entstanden ist, weist die rechte Wand auf ihrer gesamten Länge Spuren von Bergeisenschlägen auf.
- Das Angriffsmuster auf der Ortsbrust ist sehr speziell und zeigt eine gemischte Technik, die das alte manuelle Verfahren und die Verwendung von Schießpulver kombiniert. (Abb. 15) Die jeweiligen Anteile von Schlägel-und-Eisen- und Pulverarbeit an der Stirnseite sind deutlich erkennbar, wobei am oberen und unteren Abschnitt ausschließlich Schlägel-und-Eisen-Arbeit eingesetzt wurde. (Abb. 16) Auf diesen Punkt wird später im technischen Kapitel näher eingegangen.
- Eine weitere Besonderheit sind beim Punkt 36 m auf einer Strecke von 1 m insgesamt 13 Spuren von Einkerbungen, die der Verteilung einer Bohrerstütze zwischen den beiden Wänden entsprechen. Solche Stützen wurden verwendet, um



Abb. 17: Kerbe in der Wand für die Bohrerstütze in der Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 18: Ausbesserung der durch Sprengungen entstandenen rauen Wand mit Schlägel und Eisen, Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

das Gewicht des Bohrers während der Arbeit zu reduzieren. (Abb. 17) Die Anzahl der Einkerbungen in diesem Bereich ist erheblich größer als im weiteren Verlauf des Stollens, was auf zahlreiche aufeinanderfolgende Versuche, den Bohrer zu positionieren, zurückzuführen sein könnte, d. h. auf ein Ausprobieren der Technik im Anfangsstadium.

- Deutlich erkennbar ist das offensichtliche Bestreben der Bergleute, zunächst einen Stollen im alten Stil nach klassischen Maßen zu bauen.
- Daneben aber verfolgten sie das erstaunliche Anliegen, die durch die Absprengung des Gesteins erzeugten Unebenheiten mit Schlägel und Eisen zu korrigieren und durch das Glätten der Wand zu versuchen, ihr das Aussehen einer traditionell hergestellten Fläche zu geben (Auslöschung), sodass die Spuren des Bohrers kaum noch sichtbar sind. (Abb. 18)
- Die dendrochronologische Datierung von Hölzern der im Stollen verlaufenden Schiebebahn anhand von Proben, die auf beiden Seiten des Wechsellpunkts von alter zur neuen Technik entnommen wurden, stützt das Datum des Auftauchens des Schießpulvers in Le Thillot im Jahr 1617.<sup>31</sup>

## 6.2.2 Der Stollen von St-Jean

Der 70 m lange Stollen von St-Jean (ursprünglich „les Arts“ genannt) besteht aus vier aufeinanderfolgenden Teilen, die mit unterschiedlichen Techniken in verschiedenen Zeiträumen angelegt wurden. (Abb. 19) 11 m vom Eingang entfernt kreuzt der bis zu diesem Punkt im klassischen Stil aus dem Berg herausgeschlagene Stollen eine Verwerfung, deren Gestein extrem hart und kompakt ist. Daher wurde im Folgenden zunächst über eine Strecke von 5 m die Feuertechnik angewandt, und danach über eine Strecke von 26 m die Übergangspulvertechnik I (von Punkt 16 m bis 42 m). Jenseits dieser Zone entsprechen die Spuren über eine Strecke von 28 m bis zum Stollenende einer anderen Pulvertechnik (Typ II). Die Neigung der Stollensohle ist im frühen Pulverabschnitt mit 4 % weniger gut kontrolliert als im Pulverabschnitt II, wo das Gefälle nur 1,4 % beträgt.

Diese Wand des St-Jean-Stollens ist als echtes Lehrbuchbeispiel zu bezeichnen. Die Regelmäßigkeit der in sie eingravierten Spuren belegt die Anwendung einer standardisierten Angriffsmethode auf den Fels mit Schlägel und Eisen. Die Untersuchung dieser Spuren hat es ermöglicht, den Prozess des Vorstoßes in „sich entwickelnden Schritten“ perfekt zu entschlüsseln, wobei diese prinzipielle Durchbruchstechnik schon im 16. Jahrhundert im gesamten europäischen Bergbau verbreitet war. Die archäologische Untersuchung dieses Bergwerks wird später im Unterabschnitt „Mischtechnik“ näher erläutert.

Ste-Elisabeth ist ein kleiner Untersuchungsstollen von 14 m Länge, der auf die Erzader von St-Jean-Lode ausgerichtet ist und der zeitgleich mit der Wiederaufnahme dieses Bergwerks entstand. Die 1,5 m hohe und 15 cm breite Ortsbrust zeigt eine Schlägel- und Eisen-Arbeit mit einer zentralen Scharte (Schram) und vier klassischen Stufen. Die 18 messbaren Bohrer Spuren an den Wänden und an der Ortsbrust besitzen einen durchschnittlichen Durchmesser von 38,4 mm mit einer Standardabweichung von 2,4 mm. Wie St-Jean ist auch Ste-Elisabeth ein Beispiel für die Anfangstechnik.

## 7. Die kombinierten Methoden des frühen 17. Jahrhunderts

Das in den Stollen angewandte Prinzip ähnelt der Methode zur Gewinnung von Erzganggestein. Zunächst wurde mit Schlägel und Eisen ein Vorsprung und damit eine Schwachstelle geschaffen, an dem die Sprengkraft ansetzen konnte, um so einen Gesteinsblock zu lösen. Diese Herstellung eines vertikalen Schrams mit Schlägel und Eisen nach der ursprünglichen Methode ermöglichte es, auf der ganzen Höhe der Felswand eine Freisetzungszone für die aufeinanderfolgenden Schüsse zu schaffen. Im Folgenden wird diese Methode in zwei Abschnitten dargestellt. Im Vordergrund steht zunächst die Arbeit mit Schlägel und Eisen und darauf aufbauend dann die Beschreibung der Anpassung des Pulverschießens an diese Grundarchitektur.

### 7.1 Die Schlägel- und Eisen-Arbeit der sich entwickelnden Ebenen als Referenzmethode des 16. Jahrhunderts

Der bei dieser ersten Verwendung des Schießpulvers an der Ortsbrust mithilfe von Schlägel und Eisen erzeugte Schnitt erfolgte prinzipiell stufenweise. Dies ist im Stollen St-Jean in Le Thillot deutlich zu erkennen. An der rechten Wand des Stollens

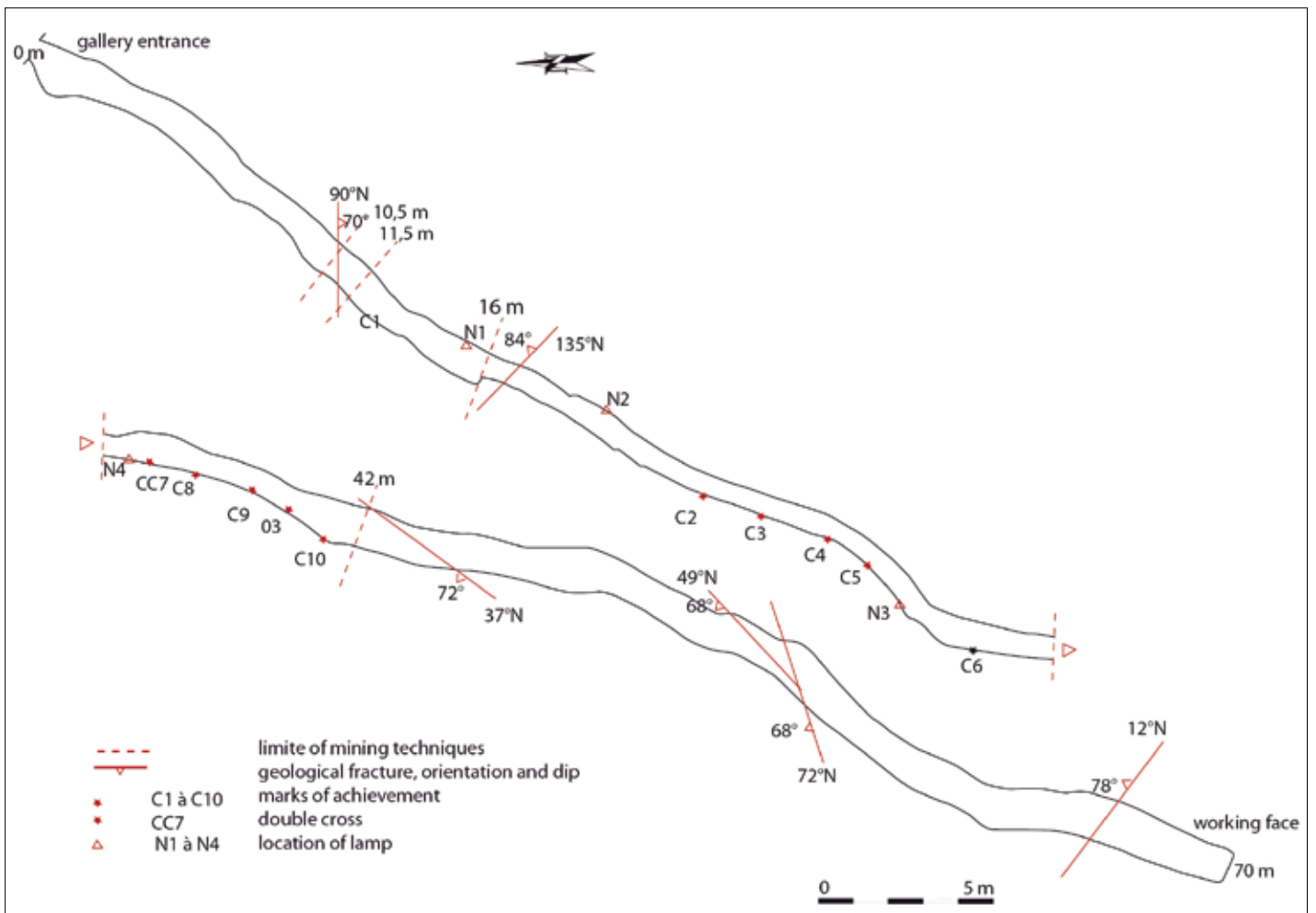


Abb. 19: Draufsicht auf den Stollen der Mine St-Jean, Le Thillot. (© Grafik: SÉSAM)

Abb. 20. Übersicht über die Spuren der Schlägel-und-Eisen-Arbeit an der Wand, Mine St-Jean, Le Thillot. (© Grafik: SÉSAM)

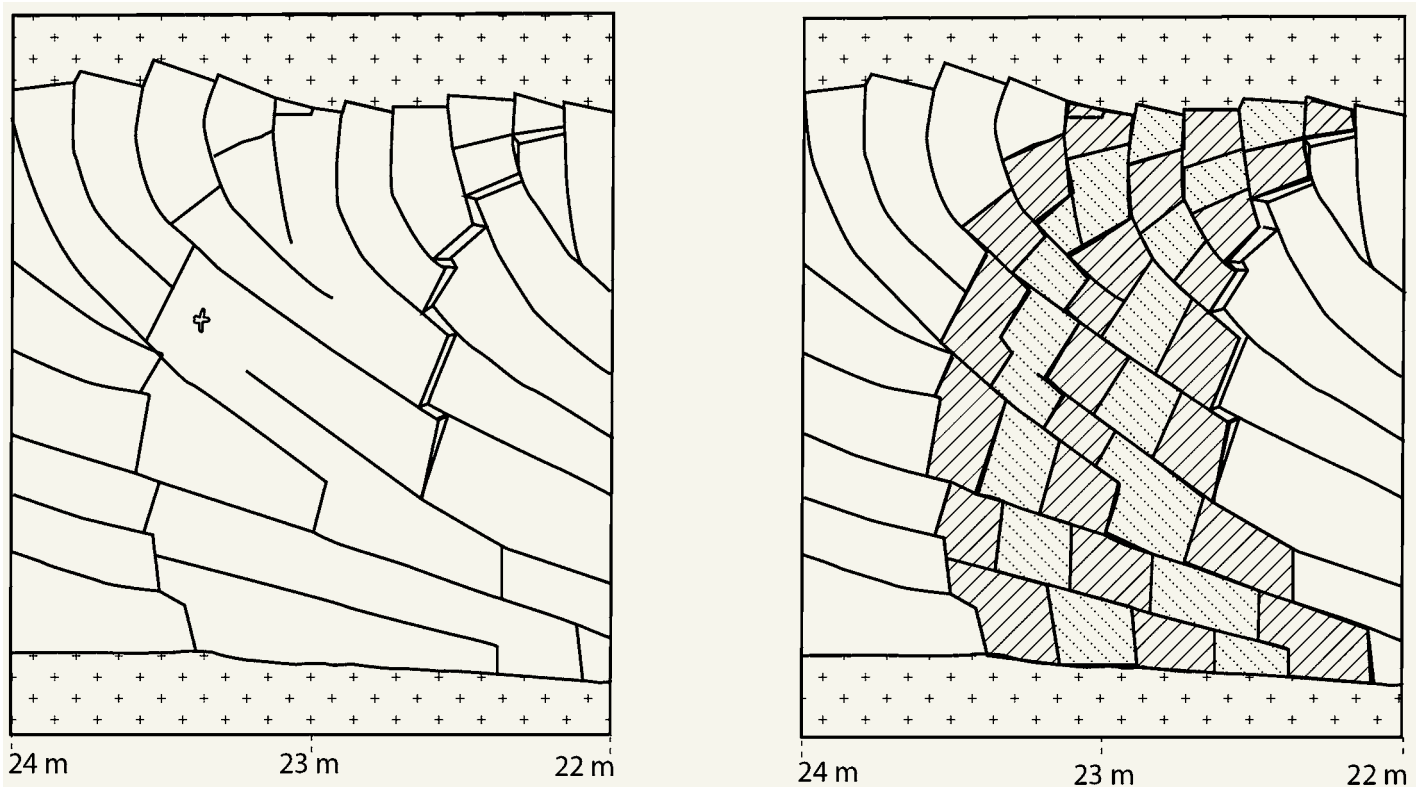




Abb. 21: Detail der progressiven Bearbeitung der Stufen durch Schlägel- und-Eisen-Arbeit, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

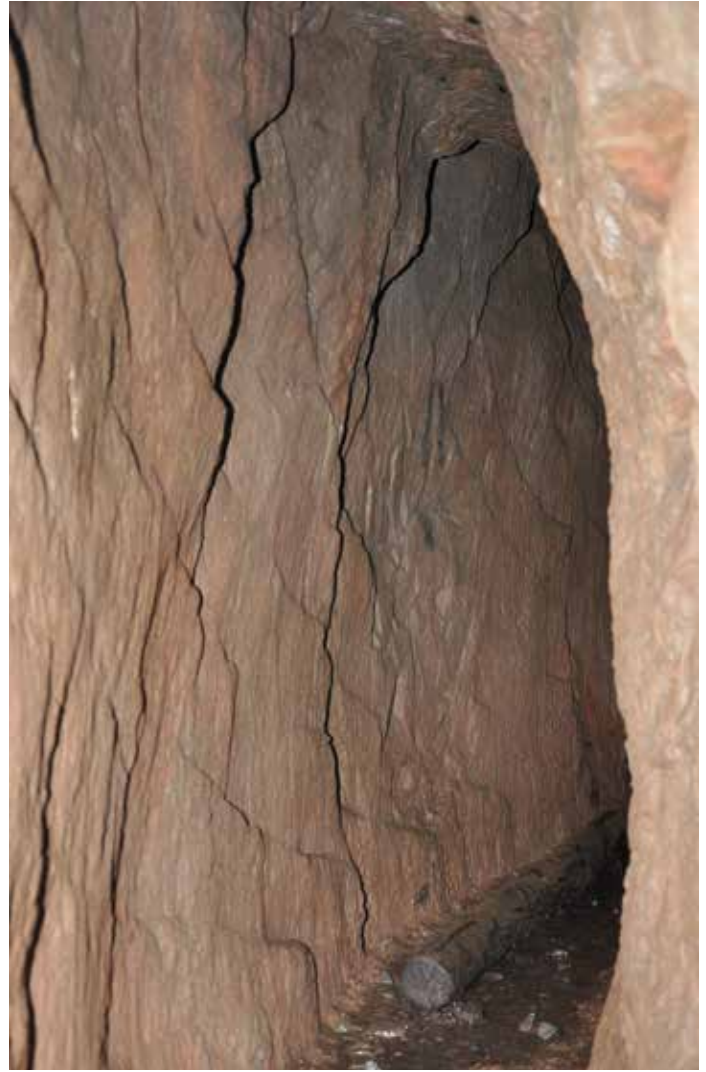


Abb. 22: Reste der gestuften Arbeitsfläche, Mine St-Jean, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

ist eine Reihe bemerkenswerter Spuren über die gesamte Höhe und mehrere Meter Länge erhalten. Die Spuren entsprechen zudem vollständig denen an der Stollenwand von St-Laurent. Diese sich aus der Untersuchung der Spuren in St-Jean ergebende Feststellung konnte zudem durch den Vergleich mit ähnlichen Spuren in zahlreichen Bergwerken aus der Zeit vor dem Pulversprengen dahingehend verallgemeinert werden, dass das Prinzip der Schlägel- und-Eisen-Arbeit in Stollen, die ausschließlich auf diese Art und Weise erstellt wurden, in ganz Europa Anwendung fand. (Abb. 20) Sie ist daher als die Referenzmethode des 16. Jahrhunderts zu bezeichnen. Das Gestein wurde an der Ortsbrust durch eine vertikale Reihe von Stufen oder Etagen angegriffen. Diese Stufen ermöglichen eine effizientere Bearbeitung des Gesteins, da die obere Fläche frei ist, um Schlägel und Eisen zu platzieren. (Abb. 21) Die Stufen erleichterten die Arbeit und die besondere Fähigkeit des Bergmanns an der Ortsbrust lag darin, diesen Vorgang sukzessive auf mehreren Stufen durchzuführen und dieses Muster immer wieder zu reproduzieren. Dabei wurde die Stufe auf ihrer Oberfläche kurz hinter der Kante über ihre gesamte Höhe mit aufeinanderfolgenden Schlägen in einer durchgehenden Linie bearbeitet. Jede vertikale Linie endete auf der oberen Fläche der nächsten Stufe, wobei der letzte Schlag

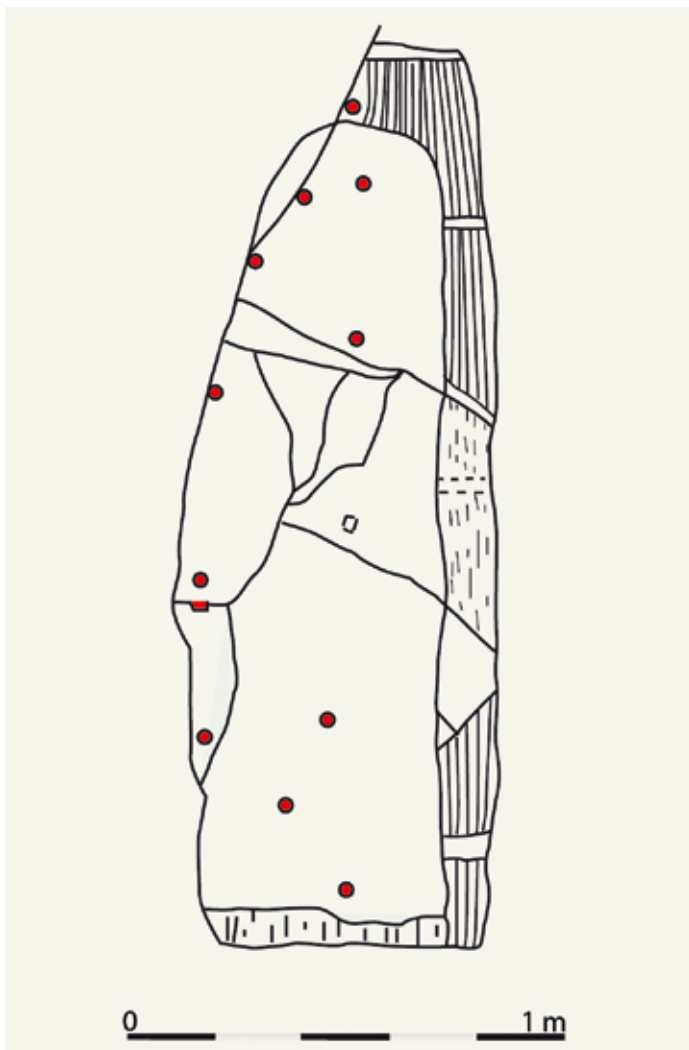
jeder Linie so ausgeführt wurde, dass die Fläche immer eine gleichmäßige Neigung nach oben aufwies. Die Schlagserien erfolgten in parallelen Linien und im Abstand von etwa 2 bis 3 cm zueinander. In der Praxis richtete sich die Größe des Abstands nach der Festigkeit des Gesteins. Das Verfahren wurde über die gesamte Breite der Stufe fortgesetzt. Anhand der Spuren, die seitlich an der Wand des St-Jean-Stollens verblieben, konnte die Entwicklung der oberen Fläche der Stufe im Hinblick auf die Verlängerung des Stollens bestimmt werden. Dies spiegelt sich deutlich in den Restlinien an der Wand wider. (Abb. 20, 22). Sie deuten darauf hin, dass die Stufe tangential vom Boden des Stollens ausgeht und einige Meter weiter am Stollenfirst verschwindet, wo ihre Oberseite hier um  $90^\circ$  von ihrer Ausgangslage am Boden abweicht. Die vertikale Linie, die eine saubere Spur der Arbeit mit Schlägel und Eisen erkennen lässt, nimmt einen entgegengesetzten Verlauf. Sie ist zwar ebenfalls tangential, beginnt jedoch am First und endet nahe der Sohle. Der Winkel der Stufenkante liegt immer zwischen  $90$  und  $120^\circ$ . Dieses seit dem Mittelalter immer wieder verbesserte Verfahren war die effizienteste Art, einen Stollen voranzutreiben. Es wurde im gesamten, von deutscher Bergtechnik bestimmten Raum angewandt und erreichte im 16. Jahrhundert seinen Höhepunkt.

## 7.2 Die Anfänge der Mischmethode mit Schießpulver im 17. Jahrhundert

Die für die Schwarzpulversprengung erforderliche freie Oberfläche wurde durch eine vertikale Bearbeitung mit Schlägel und Eisen nach der traditionellen Methode über die gesamte Höhe des Stollens erzeugt. Die archäologische Untersuchung des St-Jean-Stollens liefert die notwendigen Informationen zur Entschlüsselung des Verfahrens, zeigen doch die Wände deutlich das Angriffsmuster.<sup>32</sup> An den Wänden des St-Jean-Stollens lassen sich die wesentlichen Elemente des technischen Wandels klar nachvollziehen. Die Werkzeugspuren auf den ersten 30 Metern deuten zunächst auf eine Arbeit mit Schlägel und Eisen über die gesamte Breite des Stollens hin. Nach einem Versuch des Feuersetzens weisen die folgenden Spuren auf die Verwendung von Bohrern und Bohrerstützen. Die Bohrspuren befinden sich jedoch hauptsächlich an einer der beiden Wände.

Die aus historischer Sicht bemerkenswerte Ortsbrust dieses Stollens zeigt eine Arbeit mit Schlägel und Eisen (25 %) und Pulver (75 %) (Abb. 23). Zunächst wurde auf der rechten Seite eine 10 bis 20 cm breite und 15 bis 20 cm tiefe Kerbe geschlagen und da diese seitlich verlief, sind an der rechten Wand des Stollens die

Abb. 23: Übersicht über die Ortsbrust von vorne gesehen mit Details des Stufenschnitts und der Lage der Bohrlöcher, Mine St. Laurent, Le Thillot. (© Grafik: SÉSAM)



charakteristischen Arbeitsspuren erhalten. Der obere und untere Teil der Arbeitsfläche wurde ebenfalls ausschließlich mit klassischem Werkzeug bearbeitet. Daraus ergibt sich ein für das 16. Jahrhundert typischer Stollenquerschnitt mit einem trapezförmigen Stollenfirst und einem flachen Boden mit fast rechtwinklig gesetzten Wandabschlüssen. Auf die neue Technik verweisen die Reste von Bohrlöchern in der Ortsbrust. Die Lage dieser Löcher ermöglicht Rückschlüsse auf den Ablauf des Verfahrens. Die ersten Schüsse erweiterten die Öffnung seitlich und entsprechend der durch die Schräme definierten Tiefe auf eine Breite von etwa

Abb. 24: Stollenabschnitt der Mine St-Jean, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 25: Blick auf die unsymmetrische Form der Wände, Mine St-Jean, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



30 cm. Auch die zweite Serie vertikal angesetzter Schüsse diente diesem Zweck. In dem Stollen lassen sich deutliche Zeichen des Ausprobierens und der Anfänge dieser Technik beobachten. So scheinen die Bergleute in dem Bestreben, dem Stollen eine klassische Form zu geben, die durch die Sprengungen entstandene raue Wand nachgearbeitet zu haben, da die Spuren der Bohrer an der rechten Wand kaum zu erkennen sind.

Bei diesem Verfahren erzeugten die Bergleute zunächst in Schlägel- und Eisen-Arbeit seitlich eine freie Fläche für die Sprengung. In St-Laurent und im oberen Teil des St-Jean-Stollens ist der verbliebene Einschnitt schmal und über die gesamte Höhe gleich breit (12 bis 15 cm). Er besteht aus einer Reihe von Stufen, die der klassischen Ortsbrust des 16. Jahrhunderts ähneln, allerdings beträgt der Abstand zwischen den einzelnen Stufen nur wenige Zentimeter bei einer Tiefe von 15 bis 20 cm. Auch diese Merkmale sind als Anpassung der traditionellen Technik an die neuen Gegebenheiten zu deuten. Eine Wand des St-Jean-Stollens zeigt dies beispielhaft, verfügt sie doch auf einer Länge von über 20 m über eine Reihe solch bemerkenswerter Spuren auf der gesamten Höhe. Diese sind wiederum identisch mit denen, die in vollständig mit Schlägel und Eisen hergestellten Stollen zu finden sind. Die Verbreiterung mittels Schießarbeit gab dem Stollen seinen endgültigen Zuschnitt, wobei nur die Bohrspuren an der linken Wand erhalten blieben. (Abb. 24, 25) Auch die hier gewonnenen Erkenntnisse ließen sich durch einen Abgleich mit Spuren aus Bergwerken aus der Zeit vor Einführung der Schießarbeit verallgemeinern.

### 7.3 Die Verwendung von Schwarzpulver

Bei der ersten Methode des Pulversprengens, die 1617 begann, nutzten die Bergleute mit Bohrern neue Werkzeuge, um die für die Aufnahme der Sprengladung notwendigen Löcher zu erzeugen. Als Bohrer wurden lange Eisenmeißel mit einem zylindrischen Körper und einer mit vier Schneiden besetzten Spitze (Kronschneide) eingesetzt. Mit einem Vorschlaghammer schlugen die Bergleute unter regelmäßiger Drehung des Bohrers ein Loch von einigen Dutzend Zentimetern Tiefe. Dieses Loch wurde zur Hälfte mit Pulver gefüllt und mit einem Holzkeil verschlossen. Die Zündung erfolgte über eine Zündschnur, die zusammen mit dem Keil eingebracht wurde. Im Vergleich dazu wurde bei Sprengarbeiten an der Ortsbrust die Erzader mit Schlägel und Eisen angeschrämt und der Schram dann mit Schießpulver in zwei Serien von Schüssen im Abstand von 30 bis 40 cm erweitert. Im Ergebnis entstand eine deutliche Dissymmetrie der Wände, die die Bergleute von St-Laurent dann korrigierten.

### 7.4. Die drei Phasen der Bohrarbeit – erster Schritt: die Vorbereitung mit Schlägel und Eisen

Diese Vorarbeiten waren bei großen Bohrerdurchmessern unverzichtbar, konnten jedoch bei kleineren unterbleiben. Die Herstellung des Bohrloches erfolgte, wie erwähnt, nicht durch die Rotation des Bohrwerkszeugs, sondern durch dessen Hineinschlagen in das Gestein mittels eines Hammers. Sie war eher vergleichbar mit der Verwendung eines Meißels. Diese Kombination war relativ ineffizient und erforderte zudem einen enormen Kraftaufwand. Dazu kam das „elastische Rückprallphänomen“, das bevorzugt bei widerstandsfähigem Gestein auftrat und es fast



Abb. 26: Bohrloch mit Starttrichter, Mine St-Thomas, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 27: Überreste der Bergeisenpräparation eines nicht herausgesprengten Lochs, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

unmöglich machte, ohne entsprechende Vorbereitung größere Lochdurchmesser zu erzeugen. Es galt also, das Ausbrechen des Bohrers durch eine wirksame seitliche Blockade zu verhindern und so die gesamte Energie auf einen Punkt zu konzentrieren. Die Lösung bestand darin, mit Schlägel und Eisen ein trichterförmiges Startloch in den Fels zu schlagen, sodass der Bohrer effektiv und ohne Bewegungsspielraum positioniert werden konnte. Die Abmessungen dieser Startlöcher sind ziemlich konstant und liegen im Allgemeinen bei 10 bis 12 cm Tiefe und einem ebensolchen Basisdurchmesser, verfügen also über einen Rotationskegel von 55° bis 70°. (Abb. 26) Alle im Zuge der archäologischen Untersuchungen in den Bergwerken aufgefundenen Bohrlocher weisen Vorbereitungen dieser Art und identische Maße auf. Der Durchmesser von 10 bis 12 cm erscheint groß, aber tatsächlich war es notwendig, eine im Verhältnis zum Durchmesser des Bohrers von 4 cm ausreichende Tiefe zu erreichen.

Zwei wesentliche Parameter für die Effizienz des Schießens kennzeichnen das Geschick des Bergmanns bei der Anwendung

der neuen Methode: der Abstand zur freien Wandfläche neben dem Spalt und der Winkel des Eindringens des Bohrers in den Fels. So finden sich Spuren mit intaktem Lochboden, also einem nicht herausgesprengten Teil von variabler Tiefe, der von einer geringeren Effizienz der Sprengung zeugt – eine „Verschwendung“ von Bohrarbeit und Pulver. Um dies zu vermeiden, mussten die Bergleute ihre Arbeit anpassen. In St-Charles gibt es zum Beispiel ein Bohrloch, das keine effektive Sprengung ermöglichte, weil es zu weit von der Wand entfernt war. (Abb. 27) Es hat einen Durchmesser von 42 mm und eine Tiefe von 28 cm. Vor diesem Loch befindet sich das kegelförmige Vorbereitungsloch von 12 cm Tiefe und 15 cm Durchmesser. Der Grund für das Scheitern des Schusses lag im unzureichenden Widerstand des Felsens im oberen Bereich. So kam es zum „Kanoneneffekt“, die Bergleute schossen einen „Fuchs“.

Abb. 28: Bergeisen mit Griff, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Die folgenden Abbildungen 28, 29 und 30 zeigen die klassischen, in Le Thillot aufgefundenen Werkzeuge Schlägel und Eisen, deren Form sich zwischen dem 16. und 18. Jahrhundert entwickelt hat. Form und Gewicht des Hammers stehen im Verhältnis zum Bergeisen. Die Form des Hammers, der zum Bohren verwendet wurde, ist für Le Thillot nicht dokumentiert.

### 7.5 Die drei Phasen der Bohrarbeit – zweiter Schritt: Die Positionierung des Bohrers mit einer hölzernen Stützführung

Das Gewicht des Bohrers und die Schwierigkeit, ihn im Stollen einzusetzen, veranlassten die Bergleute einerseits dazu, ein Vorloch anzulegen, um das Gerät zu positionieren, andererseits aber auch dazu, ein Holz mit einer Aussparung als Stützführung zu

Abb. 29: Teil eines Schlägels aus dem 16. Jahrhundert, Mine St-Thomas, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



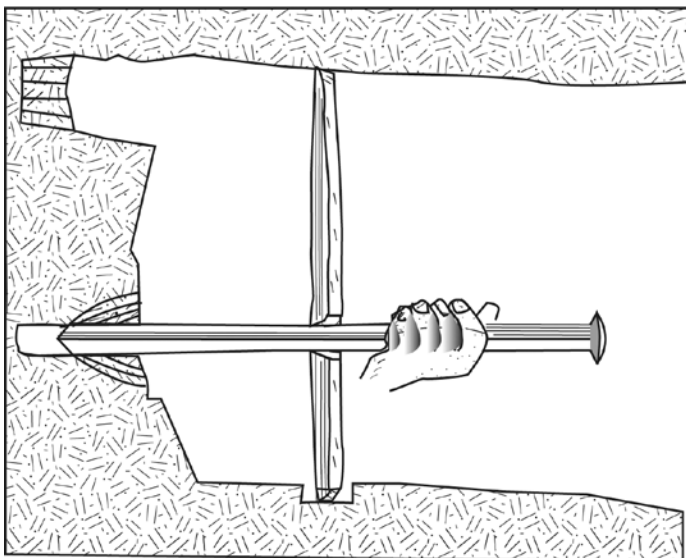
Abb. 30: Schlägel aus dem 18. Jahrhundert, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)





Abb. 31: Beispiele für Bohrerstützföhrungen vom Typ I, Mine Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

Abb. 32: Simulation des Einsatzes der hölzernen Stützführung zum Bohren des Lochs im Abstand zur Stufenfuge.



verwenden, um dadurch auf den für diese Arbeit ansonsten notwendigen zweiten Bergmann verzichten zu können. (Abb. 31, 32). Zwei Situationen erforderten eine unterschiedliche Positionierung der hölzernen Führungsstützen, je nachdem, ob sich der Bergmann in einem Stollen oder an einer horizontalen oder geneigten Arbeitsstelle befand. In der Grube St-Nicolas wurde eine Stütze vor einem unvollendeten Loch gefunden. (vgl. Abb. 11) Ein kreisförmiger Schnitt in der Breite des Holzes ermöglichte die Positionierung des Bohrers im Vorloch, das deutlich zu erkennen ist. Der untere Teil der Stütze war durch eine Holzunge mit der Wand verkeilt. Die insgesamt 19 Stützen, die bei Ausgrabungen in den Bergwerken St-Nicolas und St-Charles gefunden wurden, weisen ähnliche Abmessungen auf. Abbildung 31 zeigt zwölf dieser Hölzer, deren Schnitt darauf hindeutet, dass sie in einem Stollen oder in einer Hanglage verwendet wurden. Während ihre Länge variiert, was aufgrund der Breite des Stollens zu erwarten ist, ist ihre Breite ziemlich konstant und beträgt im Durchschnitt 5,3 cm mit einer geringen Standardabweichung von 1,15 cm; ebenso beträgt die durchschnittliche Dicke des Holzes 2,3 cm mit einer Standardabweichung von 0,4 cm.



Es erwies sich als interessant, an diesen Führungen den Abstand zwischen dem Positionierungseinschnitt für die Bohrer und dem geformten Ende des Holzes zu messen, das in die Wandkerbe eingreifen sollte. Die elf vorhandenen Führungen mit einer einzigen Kerbe lassen sich danach in drei Gruppen einteilen: Bei zwei Bohrerauflagen beträgt der Abstand der Kerbe 2 bis 10 cm, bei fünf weiteren liegt sie in einer mittleren Zwischenposition von 13 bis 20 cm und bei vieren in größerem Abstand von 29 bis 39 cm. Eine Führung verfügt über zwei Einkerbungen bei 7 und 16 cm. Da die Länge der Führung von der Breite des Stollens auf Höhe des Ansatzpunktes abhing, konnte dieses Zubehörteil praktisch jeweils nur einmal verwendet werden.

An der Ortsbrust des St-Laurent-Stollens (vgl. Abb. 23) sind die sichtbaren Löcher in zwei Reihen von unterschiedlichem Abstand zur Wand angeordnet. Die erste, mittlere Linie umfasst fünf Löcher mit einem Abstand von 18 bis 32 cm und die zweite, näher an der Wand liegende, ebenfalls fünf Löcher mit einem Abstand von 1 bis 10 cm. Diese Ergebnisse entsprechen bei einer Stollenbreite von 70 cm den beschriebenen Schnittklassen der Bohrerstützen. Die gleichen technischen Parameter wurden bei der Untersuchung der Wandspuren im St-Jean-Stollen und im Bergwerk Ste-Elisabeth festgestellt.

### 7.6 Die drei Phasen der Bohrarbeit – dritter Schritt: Das Bohren des Lochs

Beim Pulverschießen wurde die Pulverladung, gleich ob frei oder in Form von Patronen, in das Bohrloch eingeführt, das parallel und in geringer Entfernung von der freien Fläche des Schrams lag. Im Fall der Ortsbrust von St-Laurent befinden sich die 5 Löcher der ersten Reihe in einem Abstand von 20 bis 30 cm zum Rand des Schrams – dieser Abstand entspricht der Größe der größten nicht geräumten Felsblöcke, die im Stollen gefunden wurden. Um zu vermeiden, dass die Lochöffnung die Zone des schwächsten Widerstands darstellte, wurde das Loch durch die Stopfung fest verschlossen. Diese Stopfung musste der Druckwelle und dem Schub der Gase widerstehen, um den „Kanoneffekt“ zu vermeiden, bei dem das Ausstoßen der Stopfung das Gestein unversehrt lässt. Um dieses Ziel zu erreichen, entsprach die Länge der Stopfung im 17. und 18. Jahrhundert im Allgemeinen der der Pulverladung.

### 7.7 Werkzeuge aus der Anfangszeit des Pulversprengens: der Typ-I-Bohrer

Nur ein einzelner Bohrer aus der Frühphase der Verwendung von Schießpulver wurde in St-Charles am Fuße einer charakteristischen Schneidefläche (Meißelkerbe und Schießpulverschrot mit großem Durchmesser) gefunden. (Abb. 33) Er ist 30 cm lang, der Eisenkörper hat einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser von 26 mm und die Kronenschneide misst 37 mm in der Diagonalen, was den 38-39 mm großen Löchern entspricht, die in der Wand gefunden wurden. Die Schneide besitzt, von vorne gesehen, einen quadratischen Querschnitt von 26 x 26 mm, was dem Wert von einem Zoll entspricht, wobei der zentrale Punkt mit jeder Ecke durch eine Kante verbunden ist. Dieser Punkt und die Kanten bilden die Schneidelemente. Die Vorderansicht zeigt, dass die Ecken der Schneide über den Werkzeug-

körper hinausragen. Diese Eigenschaft ermöglichte das freie Spiel des Bohrers in dem bereits gebohrten Loch. Der Bergmann drehte den Bohrer vor jedem Schlag um ein Viertel oder ein Achtel.

Auch wenn die Konstruktion des Werkzeugs grundsätzlich einfach erscheint, so war es die Form des Schneidkopfes keinesfalls. Dies wirft die Frage nach der Arbeit auf, die in der Schmiede geleistet wurde, um diese Form zu erhalten, und nach der Wartung der Werkzeuge. Es sind jedoch keinerlei Informationen über die Arbeit der Grubenschmiede bekannt. Ein mögliches Fertigungsverfahren könnte das Heißprägen des Stahlschneideteils mit Hilfe einer Form oder eines Gesenks gewesen sein, was den Vorteil standardisierter Werkzeugserien geboten hätte. In diesem Fall hätte die geformte Schneide auf den Werkzeugkörper aufgeschmiedet werden können.

Doch warum besaßen bereits die ersten Bohrer einen derart großen Durchmesser? Es ist wahrscheinlich, dass der Vergleich mit den im militärischen Bereich verwendeten Pulverladungen als Maßstab für die bei der Gesteinssprengung benötigte, ausreichende und wirksame Ladung herangezogen wurde, also ein gewisses Volumen für notwendig erachtet wurde und folglich der Durchmesser im Verhältnis dazu stand. Bei der Beantwortung der Frage, inwieweit sich bei der Entwicklung des Pulversprengens in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts gewisse Muster abzeichneten, vermittelte die archäometrische Untersuchung der Merkmale der zwischen 1610 und 1624 entstandenen Spuren in den Stollen wertvolle Erkenntnisse. Sie ermöglichte es, das älteste, ursprüngliche Schema und die Merkmale jedes beobachtbaren Parameters zu definieren und, ausgehend von diesen grundlegenden Referenzen, die Änderungen in der Arbeitspraxis zu bewerten. Dies betraf zunächst den Durchmesser der Bohrer. War er konstant oder wurde er mit fortschreitender Vortriebsleistung zwischenzeitlich angepasst? Dazu wurden im St-Laurent-Stollen abschnittsweise Messungen des Durchmessers der Bohrspuren durchgeführt, darunter 13 im Abschnitt 39-59 m, 23 im Abschnitt 59-79 m und schließlich 21 Messungen 5 m vor der Ortsbrust. Die Durchschnittswerte zeigen eine Varianz in Richtung einer Abnahme des Durchmessers: von 42,9 mm (Standardabweichung 2,9 mm) auf 39,9 mm (Standardabweichung 1,9 mm) und schließlich auf 36,9 mm (Standardabweichung 2,8 mm). Eine Varianzanalyse (ANOVA) ergab einen signifikanten Unterschied (F: 23,9; p. kleiner als 0,001) bei diesen Werkzeugdurchmessern. Offen-

Abb. 33: Type-I-Bohrer, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



bleibt jedoch, ob dies auf die Abnutzung des Bohrers zurückzuführen ist, der jeden Tag in der Schmiede überarbeitet werden musste, oder auf die Entscheidung, ein leichteres Werkzeug zu verwenden.

Schließlich bestimmte der von den Bergleuten gewählte Seitenwinkel der Bohrung die Effizienz des Schusses und den Querschnitt des Stollens. Im St-Jean-Stollen sind die meisten Bohrwinkel gut ausgeführt, die Spuren verlaufen um einige Grad tangential zur Wand und es existieren nur wenige nicht explodierte Löcher. Als Beispiel für das Gegenteil findet sich im Bereich der ersten Schüsse am Anfang des Stollens ein Bohrloch mit einem Durchmesser von 37 mm, dessen unversehrte Tiefe 20 cm beträgt, was auf den zu großen Winkel (37°) zur Wand zurückzuführen ist.

Der Anteil der Handarbeit nahm bereits mit der Einführung des Pulversprengens kontinuierlich ab. Entlang der ersten „Pulverstrecke“ von St-Jean ist eine deutliche Entwicklung der Vortriebsarbeit hin zu einem höheren Anteil des auf diese Art und Weise erzielten Fortschritts leicht zu erkennen. So nähern sich die Schusslöcher im oberen Teil des Stollens immer mehr der Firste. Andererseits sind die mit Schlägel und Eisen bearbeiteten Abschnitte immer gleichbleibend und regelmäßig ausgeführt – ein Beweis für Kompetenz und Effizienz. Die Charakteristik der Stufen Spuren ändert sich in diesem Teil des Stollens nicht. Die Länge und Breite der letzten Stufen Spur, die in den Felsen an der Firste eingeschrieben ist, variiert, aber es ist bemerkenswert, dass die Anzahl der „Meißelstreifen“ gleichbleibt. Andererseits können die Abstände variieren, was wohl auf die Anpassung der Anzahl und Stärke der Hammerschläge an die Härte des Gesteins zurückzuführen ist.

## 8. Ein Werkzeug ohne Namen – das diskrete Auftauchen des Bohrers

Die Herstellung des Sprenglochs erforderte ein neues Werkzeug, das sich stark vom traditionellen Bergeisen unterschied. Bei genauer Lektüre des Primärdokuments, der vierten Abrechnung von 1617 (vgl. Abb. 4, 6), erscheint kein neuer Name, der mit einem solchen Werkzeug in Verbindung gebracht werden könnte. Allerdings wird in zwei statt einer Rechnungszeile über die in der Schmiede hergestellten „pointes“ berichtet, eine Bezeichnung, die wörtlich „Spitze“ bedeutet und der des „Bergeisens“ entspricht. Einerseits erscheinen wie in den früheren Abrechnungen die üblichen Tausenden von „pointes“ (14.100), aber andererseits erwähnt die zusätzliche Abrechnungszeile ein neues Werkzeug mit dem Titel „pointes faites à la semaine de Messieurs“. Dieser Artikel, der auf den Abrechnungen in den vorangegangenen Jahren nie erschienen ist, folgt unmittelbar auf die Kontozeile für das Pulver. Die neue Formulierung erscheint in der gleichen Weise im folgenden ersten Quartal 1618. Interessanterweise belief sich der dafür aufgewandte Betrag im Jahr 1617 auf 1 Franc, 4 Gros, derjenige vom ersten Quartal 1618 dann auf 2 Francs, während die Summe für das Pulver von 9 Francs, 6 Gros (1617/4) auf 65 Francs (1618/1) anstieg.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass es sich um ein neues Werkzeug handelte, das ebenfalls von den Schmieden hergestellt, aber noch nicht mit einem bestimmten Namen versehen wurde. Die Umschreibung taucht auch in der ersten Abrechnung 1619 in Verbindung mit 148 Pfund Pulver auf: „pour 450 pointes faites à la semaine de Messieurs“ für 3 Francs. Die anderen „pointes“ (klas-

sische Bergeisen) sind mit der Anzahl von 18.100 gelistet. Die zweite Rechnung von 1618 umfasst 107 Livres Pulver und dazu „encore pour 300 pointes“ 2 Francs, während die normalen „pointes“ mit einem Wert von 14.100 vermerkt sind. In der folgenden Abrechnung sind es parallel dazu 125 Livres Pulver, „200 pointes encore fournis“ für einen Betrag von 1 Franc, 3 Gros, und 14.200 der üblichen „pointes“. Erst in der ersten Abrechnung für 1626 wird wieder eine weitere Lieferung separat aufgeführt: „encore pour 300 pointes à eux fournies“ und klar unterschieden von den 14.500 klassischen „pointes“. Die wahrscheinliche Erklärung ist daher, dass die „Marchals“, die Schmiede des Bergwerks, ein neues Werkzeug zum Bohren der Sprenglöcher entwickelt hatten: den Bohrer.

Die Bergleute hatten sicherlich einen eigenen Namen für dieses Werkzeug, aber er ist nicht überliefert. Die Verwalter der Bergwerke verwendeten zur Verbuchung des mit dem neuen Produkt verbundenen Aufwands standardmäßig denselben Begriff der „pointes“, der bis dahin ein einziges Werkzeug, das Bergeisen, bezeichnet hatte. Die buchhalterische Unterscheidung verweist hier folglich eindeutig auf die Existenz eines anderen Werkzeugs. Und wenn dessen Produktion „pointes faites à la semaine de Messieurs“ genannt wurde, dann bedeutet dies nicht weniger, als dass sie dem finanziellen Aufwand der „messieurs“ zugerechnet wurde, wobei „la semaine de Messieurs“ zugleich der Begriff war, um die gemeinsamen Ausgaben zu qualifizieren, die daher auch dem gemeinsamen Haushalt der „parsonniers“ bzw. „associés“, der Anteilseigner, zugewiesen wurden. Diese buchhalterische Präzision zeigt den allgemeinen Charakter der Verwendung des Werkzeugs.

## 9. Bewertung der Herstellung und Schätzung der Kosten für die neuen „Spitzen-Bohrer“

Möglicherweise geht die Innovation des Pulversprengens bereits auf das Jahr 1616 zurück, denn schon für diese Zeit sind erste Vorbereitungen erkennbar. Zwar tauchen die Pulverlieferungen – wie dargestellt – erst in der vierten Abrechnung für 1617 zusammen mit der Produktion von 200 neuen „pointes“ auf, doch weist schon eine Rechnung aus dem Vorjahr erstmals die Lieferung von 600 „pointes“ aus, während das Pulver fehlt. Diese 600 Spitzen, die deutlich von den üblichen Spitzen (Bergeisen) getrennt aufgeführt sind, könnten für Versuche verwendet worden sein. Diese Hypothese stützt sich auf das Vorhandensein einer Pulverreserve für die Arkebusen der Bergleute. Es ist daher möglich und wahrscheinlich, dass die ersten Versuche mit Grubenpulver im Jahr 1616 stattfanden, vielleicht als Reaktion auf die Bedenken der Bergleute und den Druck der Verwaltung.

Im Jahr 1618 betrug der Preis für einen „Hunderter“ klassischer Bergeisen 8 Gros; bei der ersten Zählung von 1626 kostete der Hunderter dann 9 Gros und auch der Hunderter der neuen „Spitzen“ bzw. Bohrer wurde mit 9 Gros berechnet. Die Kosten für beide Schmiedeprodukte waren also identisch und es ist anzunehmen, dass hierfür die Eisenpreise den Ausschlag gaben. Überträgt man diese Äquivalenz auf die Jahre 1617 und 1618, so zeigt sich, dass die Schmiede während des Aufkommens des Schießpulvers im Jahr 1617 im vierten Quartal 200 Bohrer produzierten, d. h. eine Menge von 15 Werkzeugen pro Woche. Im folgenden Jahr stieg die Produktion auf 20 Bohrer pro Woche, um sich 1619 auf 35 weiter zu erhöhen und Anfang 1626 auf 23 zu

sinken, was mit dem Rückgang der Bergwerksleistung einhergeht.

Im Vergleich dazu produzierten die Schmiede im Jahr 1618 1.150 klassische „Pointen“ bzw. Bergeisen pro Woche, also die 50fache Menge. Diese auch in den folgenden Jahren 1617 bis 1626 vorhandene Relation zeigt, dass die Bohrer das Bergeisen nicht sofort ersetzten, sondern es sich hier um ein neues und ergänzendes Werkzeug handelte, das im Kontext des Pulversprengens bei hartem Gestein als Ersatz für die langsame und brennstoffintensive Methode des Feuerstetzens zum Einsatz kam. Alle bisherigen Informationen über diese „Bohrer“ deuten zudem darauf hin, dass es sich um eine eigene Innovation handelte und nicht um die Übernahme einer externen Technik.

Als von besonderer Bedeutung für das Verständnis der Zusammenhänge ist möglicherweise auch die getrennte Verbuchung von Schießpulver und neuen Bohrern in den Quartalsrechnungen für einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren zu erachten. Vielleicht waren hier gesonderte Abrechnungen mit einem Grubenverwalter notwendig oder es sollte eine besondere herzogliche, aber zeitlich begrenzte Finanzierung hervorgehoben werden. Die Rückkehr zu einer Gesamtabrechnung der „pointes“ im Jahr 1623 in einer einzigen Rechnungszeile entspricht auch dem Ende der Arbeiten in diesen Gruben.

## 10. Weitere Werkzeuge beim Beginn des Pulversprengens

Der Bohrkrätzer ist ein eisernes, stielartiges Werkzeug. Es besitzt an einem Ende eine gebogene Ausbuchtung, die dazu diente, den Gesteinsstaub aus dem Bohrloch zu entfernen, während das andere, leicht abgeflachte Ende eine Öse zum Einführen eines Tuchs aufweist. Damit wurde das Schussloch vor dem Einbringen der Pulverladung getrocknet; diese Funktion entspricht der eines Tupfers zum Reinigen des Laufs einer Waffe. Es wurde ein vollständiges Exemplar eines 79 cm langen Bohrkrätzers aufgefunden (Abb. 34).

Nach der Reinigung wurde die Pulverladung in das Loch eingebracht. Konkrete Informationen über diesen Vorgang waren für Le Thillot nicht zu ermitteln. Später erfolgte die Ladung im Allgemeinen mit losem Pulver, nur bei nassem oder klüftigem Gestein wurden lederne Patronen eingesetzt. Es folgte der Verschluss mit einem Holzpflock. Rösler erläutert dazu lapidar: „Man schlägt auf den Knöchel (Buche), dessen Ende schlecht geschnitten ist, damit das Pulver nicht zu stark haften kann.“<sup>33</sup> Bei der Ausgrabung wurden in Le Thillot zwei Typen solcher Schießholzpflocke mit relativ großem Durchmesser aus dem frühen 17. Jahrhundert gefunden. (Abb. 35) Sie sind aus einem Hartholz gefertigt und besitzen auf der Seite, die mit dem Pulver in Berührung kam, ein abgeschrägtes Ende. Eine flache Aussparung entlang der Seite diente als Zündkanal und ermöglichte die Einführung der Zündschnur („Schwefel-Männchen“). Die Länge der Fundstücke beträgt 44, 21, 31, 33 und 12 cm, der Durchmesser, 3,9, 3,8, 3,7, 3,7 und 3,5 cm, was in etwa dem Durchmesser der beschriebenen Spuren des Typ-I-Bohrers an der Wand entspricht. Ein weiterer Schießholzpflock wurde an Ort und Stelle in einem nicht explodierten Loch in der Mine St-Nicolas entdeckt. Er hat ein abgeschrägtes Ende wie die in St-Charles gefundenen, ist aber in Längsrichtung mit einem Loch von 8 mm Durchmesser für die Einführung der Zündschnur durchbohrt. (Abb. 36)



Abb. 34: Bohrkrätzer zum Reinigen und Trocknen des Sprenglochs, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

Abb. 35: Holzpflock und „Épinglette“ (Stecknadel, Schießnadel) zur Führung der Zündschnur, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



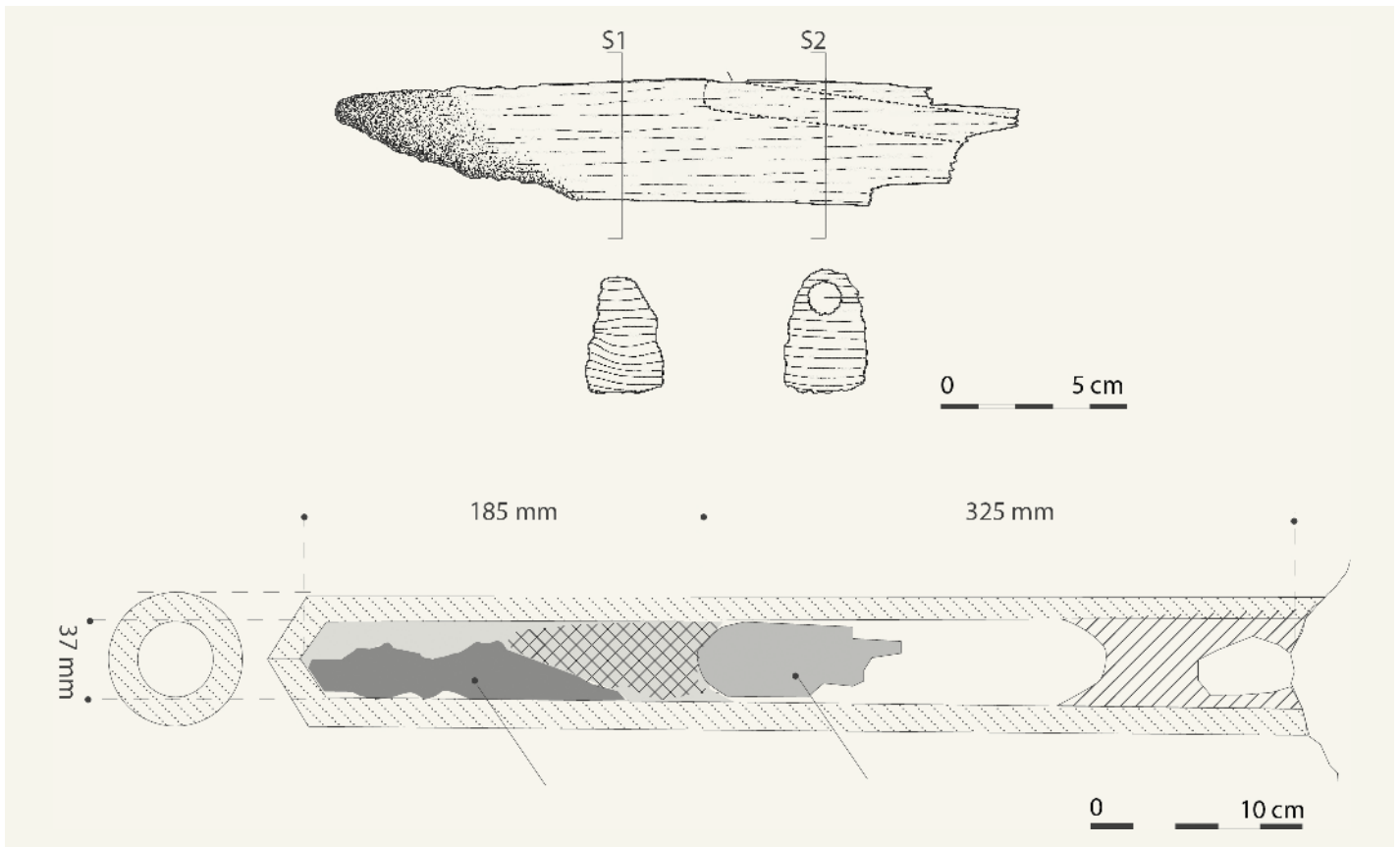


Abb. 36: Grafische Darstellung des Sprengholzpflocks im Loch und der nicht explodieren Ladung.

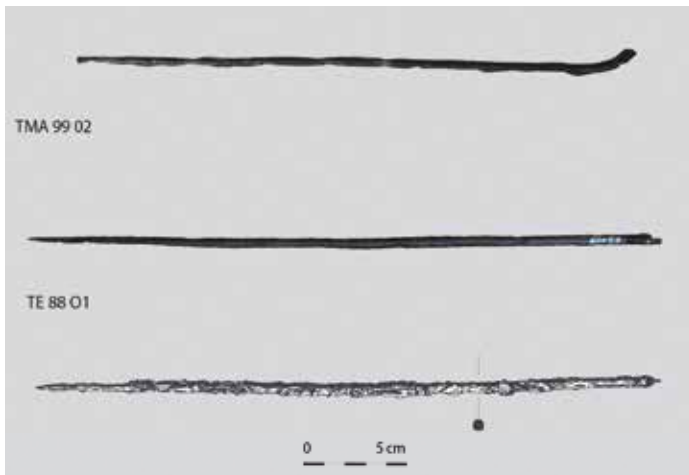


Abb. 37: „Épinglette“ – Schießnadel. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 38: Ende der Zündschnurführung, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

Dazu diente eine „Épinglette“ („Stecknadel“, Schießnadel). Dabei handelt es sich um eine zylindrische Eisenstange mit kleinem Durchmesser, die in die Aussparung des Holzpflocks passte, sodass die Schnur bis zur Ladung bzw. zum Pulver im Zündkanal vorgeschoben werden konnte. Ein Exemplar (TE 88 01) wurde in einem kleinen, mittels Pulversprengung realisierten Stollen gefunden. Auch hier entsprechen die Durchmesser der Bohrlöcher dem Typ-I-Bohrer. (Abb. 37) Die Schießnadel gab es also schon seit den Anfängen der Sprengtechnik unter Verwendung von Holzpflocken und nicht erst mit dem Aufkommen der Lehm-

stopfung Ende des 17. Jahrhunderts, wie Wild vermutet.<sup>34</sup> Allerdings erlauben es die einzigen gefundenen Fragmente nicht, die genaue Form dieses Werkzeugs zu bestimmen. Bei einer Ausgrabung im Bergwerk St-Charles im Jahr 2017 wurden außerdem zwei Beispiele eines bislang unbekanntes und auch in seiner Funktion unklaren Werkzeugs aufgefunden. Hierbei handelt es sich um abgeschrägte Holzbrettchen von 23 cm Länge und 4 cm Breite mit einer in der Längsachse eingeschnittenen Rille. Es ist zu vermuten, dass diese Objekte als Hilfsmittel bzw. als Führung genutzt wurden, um mit der Schießna-

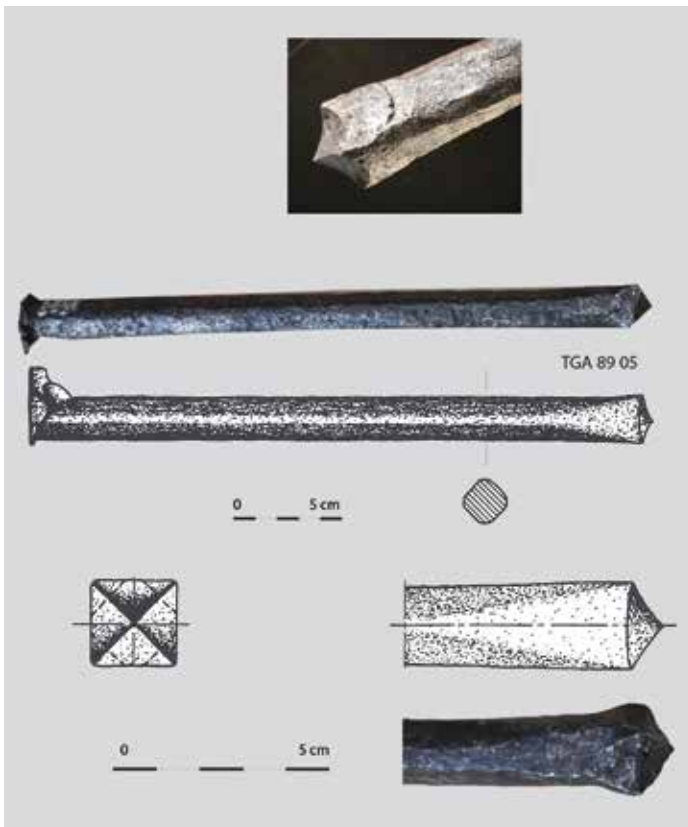


Abb. 39: Typ-II-Bohrer, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 40: Schneidekopf des Typ-II-Bohrer, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

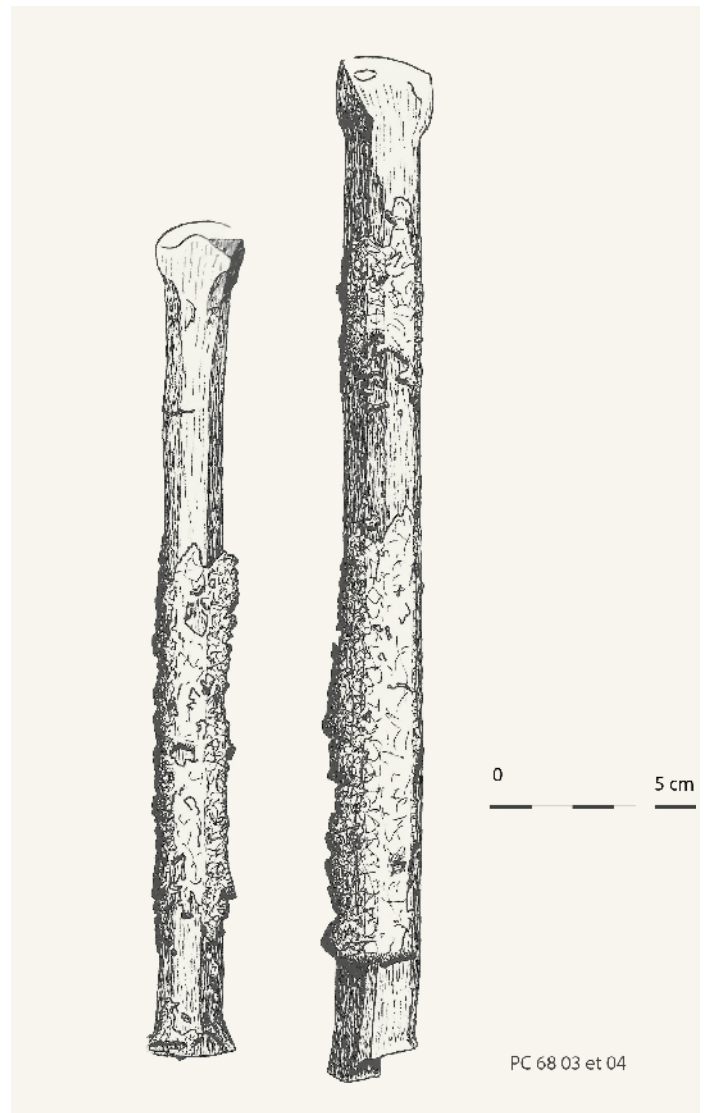


Abb. 41: Type-III-Bohrer, Mine St-François, Fresse. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 42: Lederscheiben zum Schutz der Hände bei der Bohrarbeit, Mine St-Charles, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

del („Épinglette“) die Zündschnur soweit voranzuschieben, bis sie in Kontakt mit dem Pulver kam. (Abb. 38)

Wie beschrieben, kam es schon bald zur Entwicklung weiterer Bohrertypen. So wurden bei einer Ausgrabung fünf Bohrer gefunden, 30 bis 55 cm lang und ebenfalls mit einem Kronenschneider vom selben Design wie die Bohrer vom Typ I besetzt, aber von erheblich geringerem Durchmesser. Die schneidenden Teile dieser Werkzeuge vom Typ II sind mit 2,04 cm und 2,15 cm pro Seite deutlich kleiner und entsprechen Lochdurchmessern von 25, 26 und 28 mm. Der Werkzeugkörper ist im Querschnitt qua-

dratisch, mit 1,5 bis 1,9 cm Kantenlänge und abgeschrägten Kanten. Bei ähnlicher Länge erreicht das Gewicht dieser Werkzeuge nur die Hälfte der Werte von Typ I. (Abb. 39, 40)

Ein weiterer Bohrertyp III wurde bei einer Ausgrabung gefunden, die in die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts datiert. (Abb. 41) Der Bohrerkopf hat eine andere, abgerundete Form mit nur einer einzigen Schneide. Die Verwendung dieses Werkzeugs erfordert eine langsamere Drehung zwischen den einzelnen Schlägen, um ein rundes Loch zu erzeugen. Die in dem Bergwerk beobachteten dreieckigen Löcher sind das Ergebnis unsachgemäßer Arbeit

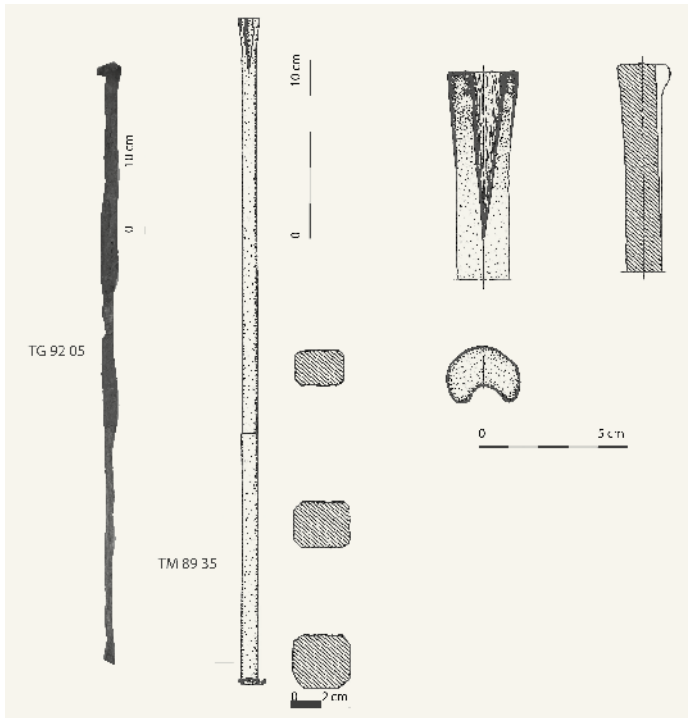


Abb. 43: Stampfer für Bohrlöcher vom Typ II und III, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 44: Kisten für den Transport von Stampflehm und intakter Tonblock, gefunden in den Bergwerken von Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

und einer zu schnellen manuellen Drehung des Bohrers. Die ersten Schläge bestimmen die Form des Lochs und der Bohrer drehte sich hier von einem Scheitelwinkel des Dreiecks zum anderen, anstatt um seine Mittelachse. Es existieren auch fünfeckige Löcher, die auf demselben Prinzip beruhen, bei denen aber der Bohrer an fünf statt an drei Punkten angesetzt wurde. Die Bohrarbeiten erforderten weiteres Zubehör. In einem Stollen aus dem 18. Jahrhundert in der Grube St-Charles wurde allerdings nur ein einzelner, an das Bergeisen angepasster Hammer

aufgefunden (vgl. Abb. 30), der eine gebogene Form aufweist, die sich von der des früheren Werkzeugs aus dem 16. Jahrhundert unterscheidet. Spezielle Hämmer für die Bohrarbeit wurden bislang nicht entdeckt. Zum Schutz der Hände verwendeten die Bergleute Lederscheiben, die über den Bohrer gestülpt wurden. Die Maße der Löcher in den gefundenen Stücken betragen 2,18, 2, 2,6 und 2,4 cm, was darauf hindeutet, dass sie bei Bohrern vom Typ II und III zum Einsatz kamen. (Abb. 42)

Bohrlöcher kleineren Durchmessers wurden mit Lehm oder Ton verfüllt und die eingebrachte Masse mit eisernen Stampfern komprimiert. (Abb. 43) Die beiden aufgefundenen Exemplare besitzen eine Länge von 74 cm und 62,4 cm und fanden bei Bohrlöchern vom Typ II und III Verwendung. Die Form der Spitze ließ gleichzeitig Platz für den beim Stampfvorgang eingesetzten „Stift“, der das Zündloch offenhielt. Nach dessen Entfernung schoben die Bergleute den Docht mithilfe der auch hier verwendeten „Épinglette“ bis ins Pulver. Zum Transport des Lehms für die Bohrlochverfüllung dienten hölzerne Kisten. Die sechs freigelegten Exemplare messen 31 cm bis 24 cm in der Länge und 16 cm bis 12 cm in der Breite. (Abb. 44) Bei einer Ausgrabung in St-Charles wurde ein intakter grauer Tonblock (18 x 17 x 8 cm) zusammen mit einer Holzkiste gefunden.

## 11. Synthese

Es hat unter Berücksichtigung der vorhandenen Quellen den Anschein, dass die Bohrarbeiten von St-Laurent und St-Jean zu den ersten gehörten, die mit den neuen Werkzeugen umgesetzt wurden, zugleich aber zeigt die Untersuchung der Stollenabschnitte einen Unterschied in der Methode. St-Laurent ist ein gutes Beispiel für die beschriebene Mischtechnik in einem sehr frühen Stadium und markiert damit auch den Übergang zwischen den beiden Methoden der Schlägel- und Eisen-Arbeit und des Pulversprengens. Im Gegensatz dazu zeigt die „Architektur“ von St-Jean eine Abkehr von den ursprünglichen Prinzipien des Archetyps, eine Befreiung von den alten Verfahrensweisen, um nur deren nützliche, innovative und wirtschaftliche Aspekte zu erhalten und weiterzuentwickeln. Obwohl beide Anlagen in der Zeit von 1620 bis 1624 entstanden, verweisen die technischen Unterschiede auf einen deutlichen Verfahrensfortschritt innerhalb nur weniger Jahre. Die für St-Jean in der Buchführung von 1624 festgestellten Aktivitäten sind in dieser Hinsicht zu deuten.

Über die Arbeitsfortschritte und die Kosten des Pulversprengens in Le Thillot liefern die Textquellen keine Hinweise, aber die Konten von drei Quartalsabrechnungen der benachbarten Grube Château-Lambert aus dem Jahr 1631 bieten entsprechende Angaben. Im Stollen St-Jean wurden zu dieser Zeit vier Arbeiter für 2 Francs pro Woche mit Schießarbeit beschäftigt. Sie verbrauchen 10 bis 16 Pfund Schwarzpulver pro Quartal, bei einer Vortriebsleistung von etwa 30 cm pro Woche.

Der Typ-I-Bohrer entspricht dem Beginn der Schießpulverarbeit mit der ursprünglichen Mischtechnik, die das klassische Schema der Handarbeit an der Ortsbrust mit den Möglichkeiten der Pulversprengung verband. Anhand der archäologischen Erkenntnisse ließ sich nachweisen, dass diese Methode mit dem Typ-II-Bohrer insbesondere im hinteren Abschnitt (42 m bis 70 m) des St-Jean-Stollens in Le Thillot weiterentwickelt wurde. Allein die Verringerung des Durchmessers der Löcher führte zu mehreren Veränderungen. So ist der Bohraufwand geringer, was eine er-

hebliche Arbeitersparnis bedeutete, während die dadurch mögliche Reduzierung der Pulverladung ebenfalls zur Kostensenkung beitrug. Es war nun nicht mehr notwendig, den Eingang des Bohrlochs mit Schlägel- und Eisen-Arbeit trichterförmig vorzubereiten. Dazu konnte auf die Führungsstütze verzichtet werden, da der Bohrer leichter ist. Wichtig erscheint zudem, dass keine archäologischen Nachweise für Bohr- und Sprengarbeiten des Typs II bei gleichzeitiger Existenz eines seitlichen Schrams vorliegen. Folglich war die mit dem Bergeisen vorbereitete seitliche Freifläche über die gesamte Höhe der Ortsbrust nicht mehr notwendig. Die Bergleute beherrschten das mit dem Begriff „bouchon de tir“ (Schussstopfen, Schießpfropfen) bezeichnete Verfahren zur Schaffung einer freien Fläche. Betrachtet man die Größe der Gesteinsbrocken, die sich in den aufgegebenen Stollen noch am Boden befinden, so zeigt sich, dass diese bei beiden Verfahren praktisch identisch ist. Und tatsächlich sind die Abstände zwischen den Löchern an der Wand bei Bohrern kleineren Durchmessers kaum geringer als bei größeren. Dies belegt die wirtschaftlichen Hintergründe der technischen Entwicklung. Wie beim Aufkommen der Pulver-I-Technik ist auch bei der Pulver-II-Technik der konkrete Zeitpunkt des Wandels in der Arbeit der Bergleute und Schmiede nicht eindeutig festzulegen. Interessant erscheint in diesem Kontext vor allem die Frage der Werkzeugpflege. So bestanden zur regelmäßig notwendigen Nachschärfung der Bohrer prinzipiell zwei Möglichkeiten. Entweder wurde das Werkzeug in eine Schmiede gebracht oder die Bergleute übernahmen diese Tätigkeit selbst, zum Beispiel mit einem Schleifstein oder einer Feile. Eine solche Feile wurde im Eingang eines Bergwerks in Le Thillot gefunden. Diese Lösung verhinderte, dass die Bergleute die Schmiedearbeit bezahlen mussten. Die an den Eingängen mehrerer Stollen in Le Thillot aufgefundenen Spuren von Hilfsschmiedeeinrichtungen untermauern diese These.

## 12. Die Gedingearbeit als Motor von Wirtschaftlichkeit und Innovation

Die Suche nach Verbesserungen und damit einer Optimierung der Leistung wird von einem Aspekt geleitet, der nicht übersehen werden sollte. Die typische Entlohnung der Bergleute erfolgte im Gedinge, also nach Erbringung einer vertraglich vereinbarten Leistung. So musste beim Vortrieb eines Stollens in nicht mineralisiertem Gestein etwa ein gewisser Fortschritt mit Standardquerschnitt in einer bestimmten Zeit erreicht werden. Weiterhin war es üblich, dass die Gedingearbeiter für Werkzeuge, den Talg für die Beleuchtung und für das Schießpulver selbst aufkamen.<sup>35</sup> Diese spezifischen Elemente des bergmännischen Arbeitsvertrages waren folglich Triebfedern bei der Suche nach Effizienz, Optimierung der Verfahren und damit letztlich auch nach Wirtschaftlichkeit. Zur Prüfung der Leistung wurde bei Vertragsbeginn im Stollen seitens des zuständigen Grubenaufsichtsbeamten der Ausgangspunkt der Arbeiten mit einem in das Gestein gravierten Kreuz markiert. (Abb. 45)

So sind beispielsweise im St-Jean-Stollen, im mithilfe der Pulversprengung angelegten Teil, die kreuzförmigen „Gedingestufen“ an der rechten Wand deutlich sichtbar. Es handelt sich um zehn gerade Kreuze. Die Spuren sind mindestens 1 cm tief und mit 4 cm bis 5 cm gleich lang. Sie befinden sich durchgängig in einer Höhe von 100-120 cm, was in etwa 4 Fuß entspricht. Eine dieser Markierungen stellt eine Besonderheit dar. Es handelt sich um



Abb. 45: Gedingestufe, Mine St-Laurent, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)



Abb. 46: Doppertes Markscheidekreuz, Mine St-Jean, Le Thillot. (© Foto: SÉSAM)

ein doppeltes senkrecht Kreuz, ein Markscheiderkreuz bzw. eine Markscheidestufe. (Abb. 46). Der Abstand zwischen den zehn Kreuzen entspricht teilweise der Normalhöhe der Stollen, die bei unseren Arbeiten in Le Thillot mit 1,92 m bzw. 1 „toise“ (Klafter) (t) ermittelt wurde.<sup>36</sup> In vier Fällen liegen die Abstände um einen gewissen Faktor höher, so etwa bei 2,5 t, 1,25 t oder nahe daran. Falls 1 „toise“ oder ein Mehrfaches davon als Standardgedinge angesehen werden kann, wären die anderen Markierungen als nicht erreichte Gedinge zu deuten.

### 13. Die beteiligten Menschen – die Akteure des Wandels

Aber wer hat in Le Thillot „das Pulver erfunden“? Und wer war in der Lage zu einer solchen Innovation? Gab es unter all den möglichen Akteuren einige, die eine Position innehatten, um die Neuerungen einzuführen und durchzusetzen? Der menschliche Aspekt fehlt beim gegenwärtigen Stand unserer Forschung; kein Name eines Bergmanns lässt sich mit Sicherheit mit den Entwicklungen verbinden. Die größte Schwierigkeit bei der Beantwortung dieser Fragen ergibt sich aus dem Fehlen von Dokumenten, insbesondere der ersten drei Quartalsabrechnungen für das Jahr 1617, aber auch sonstiger spezifischer Berichte in den Archiven. Einerseits scheint diese Neuerung im Einklang mit den von der Zentralverwaltung angestrebten Maßnahmen zur Ankurbelung der Bergbautätigkeit zu stehen, aber eine solche Änderung hätte der herzoglichen „Regierung“, die für die Sicherung der Einnahmen und die gute Verwaltung der Silber- und Kupferminen zuständig war, zur Kenntnis gebracht werden müssen. Auch hier sind mehrere Fragen zu berücksichtigen: Wer besaß die Befugnis und die Autonomie, die notwendig waren, um eine radikal andere Technik einzuführen? Woher stammte das Pulver? Und wer konnte ein Werkzeug herstellen, das in der Lage war, das Gestein zu durchbohren, gleich ob ein neu entwickeltes oder ein bereits bekanntes Werkzeug?

Die Bedeutung der Hierarchie im Bergbau ist ein wichtiger Faktor, den es zu berücksichtigen gilt. Die Infragestellung des traditionellen Verfahrens kann nämlich zugleich als eine Infragestellung traditionellen Wissens bezeichnet werden. Die Erfindung eines einfachen Bergmanns erscheint daher unwahrscheinlich. Für den Bergbau sind dabei zwei Aspekte zu berücksichtigen, der administrative und der technische Teil. Durch die Untersuchung des Zeitraums, in dem das Pulver zum ersten Mal verwendet wurde, und des unmittelbar vorangegangenen Zeitraums konnten die mit dem Bergbau verbundenen Personen teilweise identifiziert werden, aber wer von ihnen könnte der Initiator dieser neuen Technik gewesen sein?

An der Spitze der Verwaltung und der Justiz stand der „Justicier“ oder Bergrichter. Von 1613 bis 1618 waren die anderen herzoglichen Beamten der Verwalter von Arches, Charles du Bois; der Kontrolleur der Minen, Nicolas Jean-George; der Verantwortliche für die herzoglichen Wälder („les gruyers“) von Busang-Arches, Demenge Aubert; François Aubrichon, der „gruyer“ von Ramonchamp; sowie Dominique Rollet, gleichermaßen Verwalter der Minen. Für den technischen Teil des Bergbaus war ebenfalls der „Justicier“ zuständig, der gerade aufgrund seiner Bergbaukenntnisse angeworben worden war. Seit September 1613 bekleidete diese Position Wolfgang Paour, der sie bis 1629 innehatte. Die anderen Bergwerksbeamten (Schichtmeister, Bergmeister, Gießereimeister, Maschinenmeister) sind nicht alle identifiziert. Allein in diesem Zeitraum tritt Nicolas Bernequer von 1612 bis 1632 als Verwalter („Ferweser“) auf.

Wolf Paour<sup>37</sup>, eine schillernde Figur, ist ein bemerkenswertes Beispiel für die Mobilität und den Aufstieg der Bergleute. Der am 15. September 1613 vereidigte neue Bergrichter von Le Thillot begann seine Laufbahn als Bergmann in Auxelles, wo er 1601 unter dem Namen Wolfgang Bäuer erwähnt wird. Später, im Jahr 1606, bekleidete er als Wolf Bäuer im Alter von 34 Jahren das Amt des Schichtmeisters in Château-Lambert. Seine Anwesenheit in Château-Lambert zu Beginn des 17. Jahrhunderts war von ständigen Konflikten mit den benachbarten Bergleuten von

Le Thillot geprägt, bei denen er eine zentrale Rolle spielte. Als Verantwortlicher für einen Schusswaffenangriff auf den Schichtmeister und den Steiger („houtmann“) der Gruben von Le Thillot im Jahr 1607 wurde er verhaftet und von der lothringischen Justiz verurteilt. Nach einer wahrscheinlichen Tätigkeit als stellvertretender Richter<sup>38</sup> in Auxelles zwischen 1609 und 1612 kehrte er nach Lothringen zurück und bewarb sich um das Amt des Richters der Bergwerke von Le Thillot<sup>39</sup>, das er auch erhielt. 1627 wurde er als Experte zur Inventarisierung der Bergwerke von Château-Lambert eingeladen.<sup>40</sup>

Als Reaktion auf den Angriff von 1607 wurden sechs „arquebuzes à rowet“<sup>41</sup> gekauft und die Bergwerke von Le Thillot mit diesen Feuerwaffen ausgerüstet. Bei dieser Gelegenheit wurde auch ein Pulvervorrat angelegt. Diese dem Bergmeister und anderen Offiziellen anvertrauten Waffen erscheinen in den Inventaren der folgenden Jahre (1608, 1609, 1612, 1619, 1628) „im Haus seiner Hoheit“ („Son Altesse“). Paour war also sechs Jahre vor seinem Amtsantritt indirekt und unfreiwillig dafür verantwortlich, dass die Bergleute von Le Thillot schon früh über die zumindest theoretische Möglichkeit des Pulversprengens verfügten. Diese wurde allerdings zunächst nicht genutzt.

So finden sich in den für die Jahre 1614-1615 verfügbaren Quellen keine Hinweise zu diesem Thema. 1616 wird dann erstmals über neuartige und ungewöhnliche Produkte aus der Grubenschmiede berichtet. Im folgenden Jahr erscheint unter den „marchals“ der Bergwerke indirekt der Name von Jean Thomas. Zwar wird der Name des Schmiedes in diesem Kontext nicht erwähnt, aber Thomas wurde 1617 zum „Verantwortlichen für die Hilfskasse der Bergleute“ in Le Thillot ernannt und war daher wohl auch schon im Vorjahr hier tätig. Es hat den Anschein, dass die Bergleute von Le Thillot in dieser Zeit über eine ausreichende Autonomie und auch die technischen Fähigkeiten verfügten, den mit dem Pulversprengen verbundenen bedeutenden Wandel herbeizuführen. So ist zu beachten, dass es auf zentraler herzoglicher Ebene keine technische Kontrollinstanz gab wie z. B. die Bergverwaltung von Schemnitz („collège des Mines“), die die Demonstration des Pulversprengens durch Kaspar Weindl 1627 im Biberova-Stollen fachlich beaufsichtigte und einen Abschlussbericht vorlegte. Die Verwendung von Schwarzpulver für zivile Zwecke wurde jedoch streng kontrolliert, durfte doch ein potenzieller Missbrauch von Militärgütern der Zentralbehörde nicht entgehen. Andererseits kann die schrittweise Verbesserung des Sprengverfahrens allein auf die Initiative der Bergleute zurückzuführen sein, da nur sie die Technik in dieser entscheidenden Phase anwenden konnten. Neben Paour und Thomas sind als Verwalter Nicolas Bernequer für die Jahre 1612 bis 1632 und Estienne Allemant für den kurzen Zeitraum von 1621 bis 1622 zu identifizieren.

Die Pionierrolle des Pulversprengens in Le Thillot wurde im Abschnitt über die Quellenlage angesprochen, aber dennoch stellt sich die Frage nach dem Einfluss früherer Verwendungen von Schwarzpulver, wie 1588 in den päpstlichen Alaunbrüchen von Tolfa oder zur Beseitigung von Abraum in den Bergwerken von Schio im Jahr 1572. Waren diese Aktivitäten den lothringischen Bergleuten bekannt? Immerhin sind die für diese Stätten des 16. Jahrhunderts genannten Werkzeuge und Ausführungsbedingungen nicht wirklich identifizierbar. Zweifellos war die Form der Schneide der Bohrer von Le Thillot eine Weiterentwicklung einer ähnlichen zivilen Nutzung, vielleicht aber auch aus dem Militärssektor.

Die Archive der benachbarten grenzüberschreitenden Bergwerke von Château-Lambert und Giromagny, die in regelmäßigem



Kontakt mit Le Thillot standen, geben keinen Aufschluss über die regionale Verbreitung des Pulversprengens. Es wird jedoch die offizielle finanzielle Unterstützung der Witwe eines Bergmanns aus dem Dorf Château-Lambert erwähnt, deren Ehemann Lorentz „durch einen Schießpulverschuss im Berg“ getötet wurde.<sup>42</sup> Das vom 28. September 1630 stammende Dokument nennt als Unfallzeitpunkt „vor ungefähr acht Jahren“ Das Pulversprengen war also bereits 1622 auch in den Bergwerken von Château-Lambert in Gebrauch.

## 14. Schlussfolgerung

Die Frage nach der relativen Frühzeitigkeit der Einführung des Schießpulververfahrens ist also in Le Thillot ausreichend dokumentiert, um die Hypothese einer lokalen Entwicklung der Technik zu stützen. Die Archäologie war in der Lage, vor Ort und anhand der spezifischen Werkzeuge und Zubehörteile, die diesem Zweck dienten, den Gesamtkontext der neuen Technik und ihre Entwicklung aufzuzeigen. Zur Frage, warum es zu dieser Änderung kam, lassen sich zwei Gründe anführen: Erstens der rasche Rückgang der Kupferproduktion der in Betrieb befindlichen Bergwerke und das Fehlen neuer Adern sowie zweitens die übermäßigen Kosten der Erzgewinnung, die der Herzog von Lothringen und seine „Partner“ zu tragen hatten und die mit der Härte des Gesteins zusammenhängen, die den Fortschritt erheblich verlangsamt und sogar zur zwischenzeitlichen Entscheidung führte, die Arbeiten einzustellen. Die Frage, wer diese Innovation in Le Thillot eingeführt hat, lässt sich dagegen nicht beantworten. Unter den handelnden Personen, deren Position die Annahme einer führenden Rolle erlaubt, gab es nicht den Mann der Vorsehung, den Entdecker, den Erfinder wie in Schemnitz zehn Jahre später, sondern nur eine Gruppe von Bergleuten, Offiziellen und Schmieden. Darüber hinaus stützt sich der Aspekt der Originalität und damit der Innovation nur auf das Fehlen von Belegen für einen äußeren Einfluss sowie auf erstaunliche Tatsachen wie die nicht vorhandene qualifizierende Bezeichnung des wesentlichen Werkzeugs, des Bohrers, zumindest in der Buchführung der Entwicklungsphase.

Aus archäologischer Perspektive hat jedoch die gleichzeitige Wiederaufnahme von Arbeiten, die aufgrund der Härte des Gesteins zuvor aufgegeben worden waren, der Nachwelt ein frühes Beispiel für die mit Schwarzpulver durchgeführten Arbeiten gegeben, das sicherlich zu den ältesten in Europa zu zählen ist.

## Anmerkungen

- 1 Dieser historische und archäologische Bericht ist das Ergebnis einer langen Teamarbeit innerhalb der Société d'Étude et de Sauvegarde des Anciennes Mines (SÉSAM). Diese Arbeit ist Teil des Programms „Bergbau und Metallurgie“ (H 3, dann H 27) des Conseil Supérieur de la Recherche Archéologique. Die folgenden Personen haben dabei mitgewirkt: J.-P. Galmiche, D. Heckenbenner, I. Manet, C. Oudenot, A. und É. Wéber, S. Pierre, R. Schiffmacher und F. Laurent. Die Transkription der altfranzösischen Texte wurde von A. Wéber und J.-P. Galmiche durchgeführt. D. Heckenbenner trug zur Erstellung des Textes bei.
- 2 Pierre 2020.
- 3 Cabourdin 1967, 1968, 1969; Jeannin 1974.
- 4 Rösler 1700.
- 5 Löhneyß 1617, 1700.
- 6 Z. B. de Gensanne 1770, S. XIX-XXI.
- 7 Z. B. Délius 1778, Bd. 1, S. 214-256.
- 8 Monnet 1773, S. 71-82.

- 9 Pierre 1993. Dieser Artikel fasst die archäologischen und archivischen Daten zu den Bergwerken an der Obermosel zusammen.
- 10 Pierre 2011.
- 11 Bari 1983; Ancel 1992.
- 12 Vergani 1979, S. 97-140.
- 13 Vozar 1977, 1978. Der zweite Beitrag fasst die Literatur des deutschen Raums zu dieser Frage zusammen und enthält den Bericht über den Versuch in Schemnitz (heute Banská Štiavnica).
- 14 Berg 1996.
- 15 Hollister-Short, 1985, 1994.
- 16 Ludwig 1986.
- 17 Wild 1986.
- 18 Pierre 1993.
- 19 Jeannin 1974.
- 20 ADMM, B 10412.
- 21 ADMM, B 10414: Bergwerke von Le Thillot, Zustand der Bergwerke und Anhörung des Osterkontos: „Le peu de proffict qu'a present revient a son Altesse et a ses comparsonniers du labourage des mines du Thillot, a comparaison des fraiz excessifs qu'il y convient faire au subject du mauvais estat auquel de present lesdites mines se retrouvent, nous faire assurez que sommes de votre expérience au fait d mines. Vous acheminer au lieu du Thillot ouyr les comptes des mines d'illec du termes de Pasque dernier conjointement avec les comparsonniers, recognaître l'estat des montagnes dudit Thillot, aviser au moyen qu'il y aurait de les remettre en estat et rendre florissantes. Et de ce que fait et trouver auez dresser ample rapport par escrit avec advis que rapporteres a votre retour.“ – „Der geringe Gewinn, der seiner Hoheit und seinen Kompagnons gegenwärtig aus der Ausbeutung der Minen von Thillot erwächst, im Vergleich zu den übermäßigen Ausgaben, die dort wegen des schlechten Zustands, in dem sich die besagten Minen gegenwärtig befinden, getätigt werden müssen, veranlassen uns, Ihnen zu versichern, dass wir in Sachen Minen auf Ihre Erfahrung angewiesen sind. Sie an den Ort Thillot zu schicken, um die Rechnungen der Bergwerke von Illec seit den letzten Terminen von Pasque zusammen mit den ‚Komparsen‘ zu prüfen, den Zustand der Berge des besagten Thillot zu erkennen und über die Mittel zu beraten, mit denen sie wieder in einen gesunden Zustand versetzt und zum Blühen gebracht werden könnten. Und über das, was Sie getan und gefunden haben, müssen Sie einen vollständigen schriftlichen Bericht mit Ratschlägen verfassen, den Sie bei Ihrer Rückkehr mitbringen werden.“
- 22 ADD, BTC B 1377 und B 1380.
- 23 Rösler 1700.
- 24 ADMM, B 8366.
- 25 ADMM, B 8366.
- 26 Pierre 2018.
- 27 Ludwig 1986.
- 28 Pierre 1988.
- 29 ADMM, B 8370, Rechnungen der Bergwerke von Le Thillot für das Jahr 1621.
- 30 Pierre 2014a, 2014b.
- 31 Im Stollen sind zwei Abschnitte einer „hölzernen Fahrspur“ im Boden erhalten, von 16 bis 23 m und von 58 bis 72 m vom Eingang aus gesehen. Das durch Wasser konservierte Holz der Fahrspur wurde entnommen (vgl. Abb. 19) und dendrochronologisch analysiert (Labor Archéolabs, Isère 1991). Drei Proben wurden in situ an den Punkten 17, 20 und 23 m entnommen, also vor dem Punkt 36 m, dem Beginn der Spuren des Schießens. Für diese Proben gab das Labor als Datum der Abholzung des Waldes den Winter 1614/15 an. Die zweite Serie von vier Proben umfasste Hölzer aus den Punkten 58, 66 und 71 m, also aus dem mit Schießpulver durchbohrten Abschnitt des Stollens. Für diese Proben schätzte das Labor ein späteres Datum als 1621 (vgl. Abb. 13). Aufgrund der geringen Größe der Fahrbahnbalken (Schwellen und Verbindungsblöcke) müssen diese Daten bestätigt werden, wenn der Stollen wieder zugänglich ist.
- 32 Siehe hierzu auch Weisgerber 1989, S. 190.
- 33 Rösler 1700.
- 34 Wild 1984, S. 19: „Mit der Einführung des Lettenbesatzes änderte sich auch die Zündtechnik. Um den notwendigen Zündkanal zur Pulverladung offenzuhalten, verwendete man eine Schieß- oder Räumnadel [...] Man stach mit ihr in die Patrone. Auf die Sprengladung wurden mit einem mit Hohlkehle versehenen Stampfer, dessen Hohlkehle an der Nadel liegt, der Besatz eingebracht. Anschließend wurde die Räumnadel herausgeschlagen, wobei ein Kanal zum Einführen des Zünders offenblieb. Als Zünder verwendete man Röhrchen aus Schilf, Holunder und Haselnuss, später Strohhalme, welche mit feinkörnigem Pulver gefüllt wurden.“
- 35 ADMM, B 8352 pièce 45, 1603, Bergwerk St-Brice, erledigte Auftragsarbeiten.
- 36 Pierre et al. 1995-1997; Pierre/Wéber 2011a.

- 37 Pierre et al. 1995-1997; Pierre et al. 2011b.  
 38 Stellvertretender Richter, Amt in den wichtigen Bergbauzentren (Sainte-Marie, Giromagny).  
 39 ADMM, B 955. Brief eines Bergmanns aus Girardmesnil an die Rechnungskammer aus dem Jahr 1613. Wahrscheinlich bewarb sich Paour im selben Jahr erstmals um das Amt des Richters in La Croix und besuchte diesen Ort.  
 40 BTC-II-B-1370.  
 41 Arquebuses à rouet.  
 42 ADD, II B 1354.

## Bibliografie

ANCEL, Bruno:

- 1992 Le percement des galeries au XVI<sup>e</sup> siècle: l'exemple des mines d'argent du Neuenberg, in: Les techniques minières de l'antiquité au XVIII<sup>e</sup> siècle, 1992, éd. CTHS, pp. 379-394

BARI, Hubert/FLUCK, Pierre:

- 1983 Réflexions sur l'architecture des travaux miniers effectués avant l'usage de la poudre, in: Mines carrières et métallurgie dans la France médiévale, Actes du colloque de Paris juin 1980, CNRS, 1983, pp. 319-328

BERG, B. J.:

- 1996 The production and consumption of gunpowder at the Kongsberg silver mines 1745-1865, in: B. J. Buchanan (ed.): Gunpowder: The History of an International Technology, Bath 1996, pp. 219-236

CABOURDIN, Guy:

- 1967 Les mines d'argent du val de Liepvre et du duché de Lorraine de la fin du X<sup>e</sup> siècle à la guerre de Trente ans, Cahiers du val de Liepvre V, 1967  
 1968 Les mines vosgiennes du Duché de Lorraine en 1705, Cahiers du val de Liepvre, 1968  
 1969 Les ducs de Lorraine et l'exploitation des mines d'argent de 1480 à 1635, Annales de l'Est, 1969, pp. 91-119

DÉLIUS, Christophe-François:

- 1778 Traité sur la science de l'exploitation des mines par théorie et pratique, Paris 1778 (Original: Christoph Traugott Delius: Anleitung zu der Bergbaukunst nach ihrer Theorie und Ausübung..., Wien 1773)

GENSANNE (de), Antoine:

- 1770 Traité de la fonte des mines par le feu du charbon de terre 1770, t 1, pp. XIX-XXI  
 1779 Mémoire sur l'exploitation des mines d'Alsace et du Comté de Bourgogne, Gobet, Les anciens minéralogistes du royaume de France, Paris, t. II, 1779, pp. 743-794

HOLLISTER-SHORT, Graham John:

- 1985 Gunpowder and mining in sixteenth and seventeenth century in Europe, History of technology, 1985, 10, pp. 31-66  
 1994 The introduction of powder, Bulletin of the Peak District Mines Historical Society, vol. 12, n 3, 1994, pp. 148-149

JEANNIN, Pierre:

- 1974 Conjoncture et production du cuivre dans les Vosges méridionales à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle et au début du XVII<sup>e</sup> siècle, Mélanges offerts à E Labrousse, Paris, 1974, pp. 121-138

- 1977 Le cuivre dans l'économie minière et métallurgique des régions vosgiennes, in: Kellenbenz, Hermann (Hg.): Schwerpunkte der Kupferproduktion und des Kupferhandels in Europa 1500-1650, Köln/Wien 1977

LÖHNEYSS, Georg Engelhard von:

- 1617 Bericht vom Bergwerk, Zellerfeld 1617

LUDWIG, Karl Heinz:

- 1986 Die innovation des bergmännischen Pulversprengens, Schio 1574, Schemnitz 1627 und die historische Forschung, in: Der Anschnitt 38 (1986), S. 117-122

MONNET, Antoine-Grimoald:

- 1773 Traité de l'exploitation des mines, Paris 1773

OREGLIA, Emilio:

- 1915 Notizie sull'industria mineraria della Venezia sotto il dominio della Repubblica, Rome 1915, pp. 27-29

PIERRE, Francis:

- 1988 Datation des travaux miniers à la poudre. Essai de typologie, in : Les techniques minières de l'antiquité au XVIII<sup>e</sup> siècle, Éd. du CTHS, Paris 1992. Actes du colloque international sur les ressources minières et l'histoire de leur exploitation de l'antiquité à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, Strasbourg 1988, pp. 519-527  
 1993 Les mines de cuivre et d'argent de la Haute-Moselle. Apparition et évolution des techniques de percement à la poudre noire. Le Thillot (Vosges), Lotharingia, 1993, Tome V, pp. 91-159

- 2011 Étude de l'évolution des procédés de percement de la roche en mine, in: Regina Smolnik (Hg.): Aufbruch unter Tage, Stand und Aufgaben der montanarchäologischen Forschung in Sachsen (Arbeits- und Forschungsberichte zur sächsischen Bodendenkmalpflege, Beiheft 22), Dresden 2011, S. 223-231

- 2014 Importance of regional mining archeology in the research of the history of techniques, example of Le Thillot mines in the Vosges, Research and preservation of ancient mining areas, Yearbook of the Institute Europea Subterrenea Silvertant Ergoedprojecten, Valkenburg a/d Geul (NL) 2014, p. 104-121

- 2015 La poudre noire: de l'engin pyrotechnique incendiaire au tir de mine, Conflits et progrès scientifiques et techniques en Lorraine à travers les siècles, Actes du colloque, Metz 17-18 oct. 2014, sous la direction de Laurent Jalabert et Vianney Muller, éd. Edistho 2015, p. 141-159

- 2018 La poudre noire: la lente et difficile maîtrise d'un mélange explosif, Fortification et artillerie en Europe autour de 1500, le temps des ruptures, sous la direction de René Elter et Nicolas Faucherre, 2018, Éd. PUN-Éditions universitaires de Lorraine, pp. 15-28

PIERRE, Francis/WÉBER, Alain:

- 2011a The use of gunpowder in 1617 in the mines of Le Thillot (Vosges-France) – Inspiration or Imitation in this innovative process, in: Claughton, Peter/Mills, Catherine ed.: Proceedings of the eighth International Historic Mining Congress, Cornwall 2009, pp. 30-41

- 2011b Le Thillot/Château-Lambert: 150 ans d'histoire minière sur la frontière, Lorraine, Bourgogne et Franche-Comté Mille ans d'histoire, sous la direction de François Roth, Com. d'Hist. Rég., 2011, Éd. Edistho, pp. 223-245

- 2020 A bien deux mille pas dans le creus d'une montaigne, de Bussang au Thillot. Retour sur les richesses minières vosgiennes à la Renaissance, Éd. SÉSAM 2020

PIERRE, Francis/GALMICHE, Jean-Pierre/MANET, Isabelle et WÉBER, Alain:

- 1995ff Les conflits miniers entre St-Nicolas du Thillot et Château-Lambert au XVII<sup>e</sup> siècle, in : Annales de la Société d'Émulation du Département des Vosges, 1995-1997, pp. 61-70

RÖSLER, Balthasar:

- 1700 Speculum Metallurgiae Politissimum, Dresden 1700

VERGANI, Raffaello:

- 1979 Gli inizi dell'uso della polvere da sparo nell'attività mineraria: il caso veneziano, in studi Veneziani 1979, N. S. III

- 2002 Gli usi civili della polvere da sparo (secoli XV-XVIII), Atti della XXIV Settimana di studi dell'Istituto internazionale di Storia economica "F. Datini" (Prato, 15-19 aprile 2002)

VOZAR, Jozef:

- 1977 Erste Verwendung von Schießpulver im Bergbau (die Legende von Freiberg – die Verwirklichung in Banská Štiavnica), Zdejin vied a techniky na slovesku VIII, Bratislava 1977, pp. 73-88

- 1978 Der erste Gebrauch von Schießpulver im Bergbau (die Legende von Freiberg, die Wirklichkeit von Banská Štiavnica), Studia Historica Slovaca, 10, 1978, pp. 257-280

WEISGERBER, Gerd:

- 1989 Montanarchäologie. Grundzüge einer systematischen Bergbaukunde für die Vor- und Frühgeschichte und Antike, Teil I, in: Der Anschnitt 41 (1989), S. 190-204

WILD, Heinz Walter:

- 1984 Erfindung und Ausbreitung der Sprengarbeit im Bergbau, in: Der Bergknappe, H. 30 (1984), S. 14-21

- 1986 Black powder in mining. It's introduction, early use, and diffusion over Europe, in: Buchanan, B. J. (ed.): Gunpowder: The History of an International Technology, Bath 1996, pp. 203-217

## Anschrift des Verfassers

Dr. Francis Pierre  
 26 rue de la Paix  
 F-54220 Malzéville