

Deutsches Archäologisches Institut (DAI)
Außenstelle Damaskus und
Forschungsstelle des DAI in Amman



**HANDBUCH ZU THEMEN DER BAUWERKSERHALTUNG
IN GADARA (UMM QAYS, JORDANIEN)**

GRUNDLAGEN STEINMETZHANDWERK



**CAPACITY BUILDING
IN GADARA (UMM QAYS, JORDANIEN)**

Text und Zusammenstellung:
Tobias Horn

unter Mitarbeit von:
Claudia Bührig | Olga Zenker

Redaktion:
Birgit Nennstiel | Olga Zenker

Grundlagen:
Claudia Bührig | André Gravert | Tobias Horn |
Axel Seemann | Olga Zenker

Finanzierung:
Auswärtiges Amt

Das Training im Steinmetzhandwerk und das Training in der Bauwerkserhaltung finden seit 2016 in Gadara (Umm Qays, Jordanien) statt und werden aus Sondermitteln der Initiative **Stunde Null** (2016-2019), der **KulturGutRetter** Initiative (2020) und der **Ta'ziz Partnerschaft** (2023-2024) des Auswärtigen Amtes finanziert. Die Programme sind Partner des **Archaeological Heritage Network**.



ArcHerNet
Archaeological Heritage Network

Deutsches Archäologisches Institut (DAI)
Orient-Abteilung
Außenstelle Damaskus
und
Forschungsstelle des DAI in Amman

Berlin 2024

Inhaltsverzeichnis

Zur Einführung _____	1
Zum Ort	6
Nutzung des lokalen Baumaterials	7
Zur Situation des Bauens und des Handwerks	9
Vom Steinbruch zum Bauplatz	10
Kleine Gesteinskunde	12
Zweitverwendung von Baumaterial	16
Werkzeuge und Hilfsmittel _____	19
Der Hammer - der Fäustel	20
Der Meißel - das Eisen	21
Oberflächenbearbeitung (Werkzeuge und Oberflächen)	22
Schneidwerkzeuge: Winkelschneider	26
Drucklufthammer	28
Winkel und Richtscheit	30
Die Schablone	31
Exkurs: Das Schmieden von Steinmetzwerkzeugen	32
Natursteinbearbeitung _____	35
Werkstücke prüfen	36
Weichgestein und Hartgestein	37
Spalten von Rohmaterial	38
Vom Randschlag zur Fläche	40
Die Fläche	46
Grundformen der Steinprofile	48
Die Fase	50
Die Falz	52
Die Kehle	54
Der Viertelstab / Rundstab	56
Die Säule	58
Profilabfolge	60
Abgewinkelte Profile - äußere Wiederkehr	62
Abgewinkelte Profile - innere Wiederkehr	64
Mauerwerke und Mörtel _____	67
Mauerwerke	68
Werksteinbögen	72
Mauerwerke in Gadara	74
Mauerwerke in Haga Foqa	76
Mörtel	78
Mörtelgruppen	80
Mörtel in Haga Foqa	81
Bauwerkserhaltung _____	83
Trockenmauern	84
Fugensanierung	88
Mauerwerkssanierung - Konsolidisierung	90
Glossar / Fachbegriffe _____	94
Ausbildungsnachweis _____	97
Belehrung und allgemeine Regeln _____	105

Alle verwendeten Zeichnungen und Abbildungen stammen, soweit nicht anders vermerkt, aus dem Bildarchiv des DAI, Projekt Gadara (Umm Qays, Jordanien)

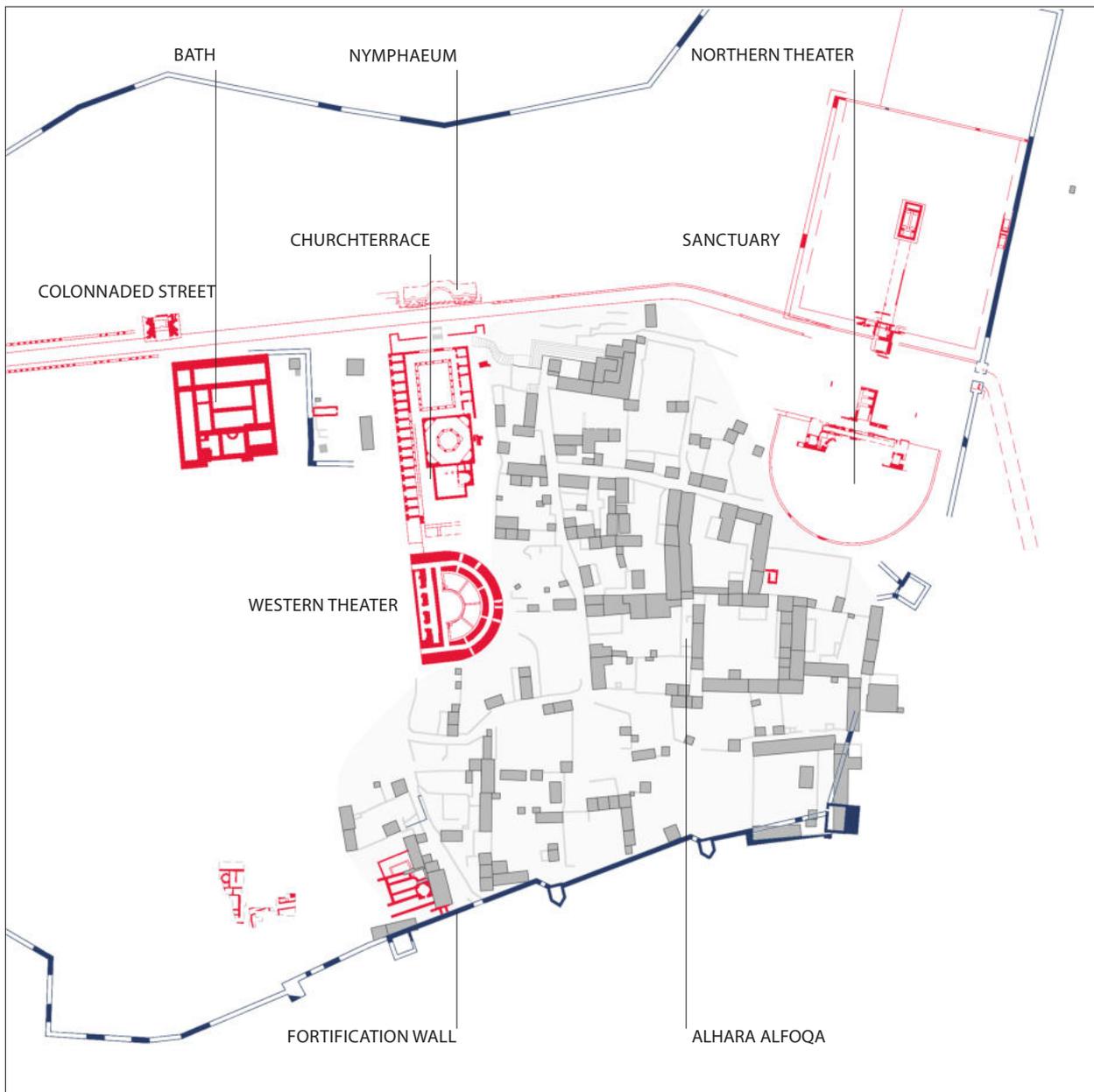
Zur Einführung

Das antike Gadara liegt im äußersten Nordwesten Jordaniens und zählt zu den bedeutendsten Kulturdenkmälern des Landes. Der Ort wird nicht nur durch die antike Stadt mit ihren Monumenten aus mehr als 2300 Jahren Kulturgeschichte und die einzigartige Landschaft ausgezeichnet, sondern auch durch das sog. obere Dorf Alhara Alfoqa von UmmQais, das sich auf dem Gebiet einer hellenistischen Festung befindet.

Nachdem das jordanische Ministry of Tourism and Antiquities das Areal auf der Hügelkuppe zum Antikengelände erklärt hatte, wurden die Bewohner*innen von Alhara Alfoqa Ende der 1980er Jahre in den östlich gelegenen, modernen Teil von Umm Qays umgesiedelt. Über die Jahre sind die damals noch bewohnten und intakten Hofhäuser zunehmend verfallen und drohen heute vollständig zu verschwinden. Alhara Alfoqa ist jedoch eine der wenigen Dorfstrukturen aus der Zeit um 1900 in Jordanien, die in ihrer ursprünglichen Komplexität noch nachvollziehbar sind. Damit ist das verlassene Dorf – genauso wie die Monumente der antiken Stadt – ein wichtiges kulturelles Erbe, das es zu schützen gilt. Doch das Wissen der ehemaligen Bewohner*innen über diese Zeit droht verloren zu gehen und der Zerfall der Gebäude schreitet sichtbar voran. Nur wenige restaurierte Gebäude vermitteln noch ein Bild von der einst geschlossenen Dorfstruktur auf der Hügelkuppe. Der nachhaltige Schutz der archäologischen Stätte, des Dorfes und ihrer Umgebung rücken in der öffentlichen und politischen Wahrnehmung immer mehr in den Vordergrund. Es gilt nun verstärkt, das Kultur- und Naturerbe der Region zu bewahren und das Wissen über Umwelt, Bauten, Techniken und Alltagsleben zu erhalten und zu vermitteln.



Gadara/Umm Qays. Blick von Westen



Lageplan von Gadara und Alhara Alfoqa

Das Deutsche Archäologische Institut (DAI) kann in Gadara auf eine langjährige und erfolgreiche Forschungsgeschichte zurückblicken. Auf Einladung von Thomas Weber, dem damaligen Leiter des Deutschen Evangelischen Instituts für Altertumswissenschaft des Heiligen Landes in Amman kam der Bauforscher Adolf Hoffmann nach Jordanien und begann ab 1987 mit den Ausgrabungen des DAI in Gadara. Damit wurde das deutsche Engagement am Ort verstärkt. Die Aktivitäten des DAI konzentrieren sich auch unter der Leitung von Claudia Bührig (ab 2001) auf Forschungsfragen zur Stadt- und Siedlungsgeschichte und baukonstruktive Themen. Seit 2010 rücken verstärkt Fragen zur Siedlungstätigkeit und Ressourcennutzung im Umland von Gadara in den Fokus. Zusätzlich wurden die Aktivitäten um Themen des Kulturerhalts erweitert.

Das langjährige Engagement des DAI in Jordanien zeichnet sich durch einen engen Austausch mit lokalen Partner*innen im Bereich Archäologie, Kulturerhalt und Capacity Building aus. Im Fokus stehen Wissensgenerierung und Wissensvermittlung auf allen gesellschaftlichen Ebenen. Seit 2011 führt das DAI mit seinen nationalen und internationalen Partner*innen eine Reihe von Trainings- und Vermittlungsprojekten für lokale Institutionen und die Bevölkerung durch. In Umm Qays liegt der Fokus auf der Vermittlung von praktischem Grundwissen zur Bauwerkserhaltung und historischen und modernen Steinmetztechniken. Zwischen 2015 und 2018 wurden mit lokalen Partnerorganisationen zusätzlich 'Hands-On'-Workshops zur Kultur- und Naturvermittlung für Kinder durchgeführt.

Trainingsprogramme im Steinmetzhandwerk und zur Bauwerkserhaltung

Gemeinsam mit dem jordanischen Department of Antiquities führt das DAI seit 2016 regelmäßig mehrwöchige Trainingsprogramme auf dem Antikengelände von Gadara und in Alhara Alfoqa durch. Die Aktivitäten konzentrieren sich auf Themen der Bauwerkserhaltung, der Denkmalpflege und auf das Erlernen der notwendigen praktischen Handwerkstechniken mit besonderem Schwerpunkt auf das Steinmetzhandwerk. Für die Erhaltung von Monumenten und Gebäuden sind Handwerker mit ausreichend Erfahrung und Wissen erforderlich, die in der Lage sind, die entsprechenden Arbeiten kompetent auszuführen.

Seit 2019 finden die Trainingsprogramme in einer der teilzerstörten Hofanlagen (Bait Hussein Al Rousan) im historischen Kern von Alhara Alfoqa statt. Hier lernen, arbeiten und trainieren jordanische, syrische und deutsche Handwerker gemeinsam im Steinmetzhandwerk und in der der Erhaltung und Sicherung von Bauwerken. Dabei wird die Hofanlage in gemeinschaftlicher Arbeit denkmalgerecht instandgesetzt und im Dialog mit Vertreter*innen der lokalen Gemeinschaft sukzessive zu einem Schulungsort für praxisorientierte Workshops in der Art eines Werkhofs ausgebaut. Die Initiativen des DAI verbinden dabei die Forschung zu Konstruktions- und Materialwissen mit den Erfahrungen des traditionellen, praktischen Bauhandwerks und historischen Bautechniken. Nur mit diesem gebündelten Wissen kann das reiche Kulturerbe in der Region auch für zukünftige Generationen erhalten und weitergegeben werden.

Den praktischen Bauerhaltungsmaßnahmen sind umfangreiche Untersuchungen und Analysen der historischen Bausubstanz vorangegangen. Die Gebäude und die angewandten baukonstruktiven Lösungen werden seit 2016 von dem Team des DAI dokumentiert, wissenschaftlich erforscht und durch den wechselseitigen Dialog mit der lokalen Bevölkerung ergänzt und spezifiziert. Dieser Dialog hat entscheidend dazu beigetragen Bauprozesse, Baumaterialien und Konstruktionsarten zu verifizieren und Baufehler zu vermeiden bzw. zu korrigieren.

Der Werkhof im Bait Hussein Al Rousan soll dauerhaft ein Ort der Begegnung sein, der Menschen zusammenbringt und zum Dialog einlädt. Das hier erarbeitete Wissen soll in die Region ausstrahlen und in weiteren Projekten praktisch umgesetzt werden. Zusätzlich zu dem handwerklichen Training finden im multifunktional nutzbaren Werkhof und im angrenzenden archäologischen Museum seit 2023 praktische Kurse zur Fundbearbeitung und Materialkunde für Studierende der Archäologie statt.

Wer

An den mehrwöchigen, aufeinander aufbauenden Trainingseinheiten haben inzwischen gut 100 Jordanier*innen und aus Syrien Geflüchtete aus Umm Qays und den Nachbardörfern teilgenommen.

Die Trainings wurden bisher von dem Steinmetz und Bauforscher Tobias Horn (2016-2022), dem Steinmetz- und Steinbildhauermeister und Restaurator im Handwerk, André Gravert (2016-2021), dem Zimmerermeister Peter Sistig (seit 2019), dem Steinmetz Florian Hess (seit 2022) und dem Maurer und Bautechniker Ronny Brühl (seit 2021) angeleitet. Unterstützt wurde das Team von dem Bauingenieur Axel Seemann (2018), den Architekten Torben Kiepke (2018-2019) und Olga Zenker (seit 2021) sowie dem Museumsschmied Jürgen Kaiser (2017). Die Kursteilnehmer haben sich auf die Bearbeitung von Naturstein in der Denkmalpflege spezialisiert und erlernten Techniken des Steinmetzhandwerks und den Gebrauch der entsprechenden Werkzeuge. Das Steinmetztraining wird ergänzt durch Praxisworkshops zu traditionellen Lehmputzen und dem Aufbau von historischen Erddächern. Dadurch wird dieses wertvolle Handwerkswissen, das in Jordanien zu verschwinden droht, bewahrt und weitergetragen. Trainees der ersten Jahre sind inzwischen selbst erfolgreiche Trainer im Programm. So konnte die in den Kursen generierte Expertise vor Ort gebunden werden.

Dank

Die Durchführung der Kurse wäre nicht möglich gewesen ohne die zahlreichen Partner- und Unterstützer*innen. Besonderer Dank gilt dem Auswärtigen Amt, welches das Programm „Training und Capacity Building / Training im Steinmetzhandwerk in Gadara und Alhara Alfoqa (Umm Qays, Jordanien)“ in den Jahren 2016 bis 2021 im Rahmen der Sondermittel „Stunde Null“ (<https://www.archernet.org/die-stunde-null/>), „KulturGutRetter“ (<https://www.kulturgutretter.org>) (2022) und der „Ta`aziz Partnerschaft“ (<https://www.auswaertiges-amt.de/en/aussenpolitik/regionaleschwerpunkte/nahermittlererosten/>



Team 2017



Team 2021 (Richtfest Madafeh)

taziz-partnership/228356) (2023-2024) fördert und gefördert hat. Alle Programme sind Teil des Archaeological Heritage Network (<https://www.archernet.org/>).

Mein persönlicher Dank richtet sich an die Generaldirektoren des jordanischen Department of Antiquities Prof. Dr. Monther M. Jamhawi (bis 2018), Yazid Elayan (2018-2021) und Prof. Dr. Fadi Al-Balawi (seit 2021) sowie an die Partner*innen in Gadara: die Kolleg*innen vom Department of Antiquities, insbesondere an Moussa Al-Malkawi, Ibrahim Al-Rousan und ihr Team sowie Dr. Hazim al-Kana'an vom Ministry of Tourism and Antiquities und seinem Team. Sie alle haben unser Projekt von Anfang an tatkräftig und mit viel Energie unterstützt.

Dieses Projekt hätte nicht realisiert werden können ohne die engagierten Mitstreiter*innen vor Ort und aus Deutschland. Großer Dank gebührt zudem allen Kursteilnehmer*innen. Besonders hervorheben möchte ich an dieser Stelle Ahmad al-Omari, der uns als Koordinator, Übersetzer und als zuverlässiger Partner vor Ort unterstützt und vieles Unmögliche möglich gemacht hat. Neben allen bereits erwähnten Trainern und Planer*innen gebührt mein Dank auch Christian Hartl-Reiter, Doris Schäffler, Helena Brinckmann, Bernhard Irmeler, Elgin von Gaisberg, Thomas Schmager, Jürgen Kaiser und Birgit Nennstiel. Sie alle haben zum Gelingen unseres Vorhabens maßgeblich beigetragen.

Die hier vorgelegte Publikation „Grundlagen Steinmetzhandwerk. Handbuch zu Themen der Bauwerkserhaltung in Gadara (Umm Qays, Jordanien)“ soll den Kursteilnehmern und interessierten Nutzer*innen ein hilfreiches Nachschlagewerk sein.

Berlin/Umm Qays 2024

Claudia Bührig

Zum Ort

Von Amman kommend erreichen Besucher*innen die antike Stadt Gadara nach gut zweistündigen Autofahrt – ein Auf und Ab, vorbei an Jerash, noch die Höhenzüge des Ajlun-Gebirges überquerend, bevor der Blick weit nach Norden in die Ausläufer der syrischen Hochebene reicht, dann vorbei an der Universitätsstadt Irbid, folgt die Straße bequem einem Höhenrücken nach Gadara.

Hier, im äußersten Nordwesten Jordaniens, an der Grenze zu Syrien und Israel, liegt die antike Stadt. Einzigartig ist die Lage, hoch über dem See Genezareth thronend. Der Blick reicht bis weit in das Jordantal im Westen, über den See und die Golanhöhen im Norden und an klaren Tagen im Frühjahr ist sogar die schneebedeckte Kuppe des Hermon zu sehen. Kurzum, es gibt viele Gründe, den Ort zu besuchen.

Wer heute die antike Stadt und ihr Umland durchwandert, sieht nicht nur eine beeindruckende Landschaft und Eichenwaldbestände, sondern auch eine in Jordanien einzigartige hellenistische Festung. Die um 200 v. u. Z. errichtete Anlage thront gut 350 Meter über dem Meeresspiegel auf einer Hügelkuppe, die westlich des modernen Ortes Umm Qays liegt. Aus der Festung entstand nach und nach die römische Stadt Gadara. Viele

Menschen siedelten sich hier an. Das verwundert nicht, denn die natürlichen Ressourcen sind reich. Im Umland sind und waren zahlreiche Quellen, die die Menschen mit Wasser versorgten. Baumaterial wie Basalt, Kalkstein oder auch Holz sind ausreichend vorhanden und der fruchtbare Boden erlaubt eine intensive Landwirtschaft.

Im Verlauf der folgenden fünf Jahrhunderte dehnte sich das Stadtgebiet weit nach Westen bis auf die fruchtbare Hochebene aus. Eine mit Basalt gepflasterte Straße durchzieht die Stadt von Ost nach West und tief eingegrabene Fahrrielen in den Steinen bezeugen einen intensiven Verkehr. An dieser Straße liegt ein Großteil der Gebäude, wie das Theater im Norden, die große Kirchenterrasse, ein Brunnenhaus (Nymphäum), Bäder, Ehrenmonumente, Torbauten und in zweiter Reihe hinter Säulenhallen die Wohnhäuser. In der römischen Kaiserzeit wurde Gadara Teil der sog. Dekapolis (griechisch: Zehn-Stadt), eines politisch-geographischen Bundes. Die Zugehörigkeit zu diesem Bund wie auch die Ost-West orientierte Hauptverkehrsader als Kreuzungspunkt eines überregionalen Fernhandelsnetzes begründete den Reichtum der Stadt, seine wirtschaftliche Stabilität und sicherte die innere Unabhängigkeit.



Gadara, Antikengelände. Blick über die Ost-West-Achse und das Nymphäum nach Nordwesten Richtung See Genezareth

Ein schweres Erdbeben in der Mitte des 8. Jahrhunderts zerstörte große Teile der Stadt und ihrer Bauten. In der Folgezeit, unter abbassidischer und ayyubidisch-mamlukischer Herrschaft, blieb Gadara ein kleiner, aber intensiv von Bauern genutzter Siedlungsplatz, wenn auch eher mit einer ländlichen Prägung und konzentriert auf den Westteil der Stadt. All diesen Spuren können sich die Besucher*innen nähern. Zahlreiche Ruinen antiker Bauten sind Zeugnis der letzten gut achtzehn Jahrhunderte.

Die jüngste Geschichte des Ortes repräsentieren die schwarz-weißen, kastenartigen, großen und kleineren Hoffhäuser auf der Hügelkuppe im alten Dorf Alhara Alfoqa. Die am Ende des 19./Anfang des 20. Jahrhunderts entstandenen Häuser der einzelnen Familien, Bait (= Haus) Rousan (= Familienname), Bait Melkawi, Bait Nawashi, Bait Hussban und Bait Omari, prägen das heutige Bild des Hügels.

Die Nutzung des lokalen Baumaterials

Bei einer Wanderung durch die nähere Umgebung von Gadara wird schnell deutlich, dass die meisten Gesteine, die als Baumaterial der antiken Stätte dienten, aus der Region stammen. Im Stadtgebiet und in unmittelbarer Nachbarschaft gab es zahlreiche kleine und größere Steinbrüche, in denen Kalkstein abgebaut wurde. Auch Basalt ist hier zu finden. Die großen Basalt-Kugeln liegen dicht an der Oberfläche und können einfach der Erde entnommen werden. Es ist nicht verwunderlich, dass beide Gesteine, heller Kalkstein und anthrazitfarbener bis schwarzer Basalt, das Hauptbaumaterial seit der Antike darstellen.

Ob die Wahl auf Kalkstein, Basalt oder ab dem 2. Jahrhundert v. u. Z. zunehmend auf importierten Marmor fiel, war u. a. eine ökonomische und funktionale Entscheidung. Der weiche Kalkstein konnte vor Ort leicht gebrochen und verarbeitet werden. Die

anderen Gesteine, insbesondere der Basalt, sind deutlich härter und somit schwieriger und zeintensiver zu bearbeiten. Importierter Marmor erhöht zudem aufgrund der langen Transportwege die Baustellenkosten. Statisch beanspruchte Bauteile wie Fundamente, Türangelsteine, Türstürze und Türschwellen wurden oftmals aus Basalt gefertigt, da dieser eine gute Biege- und Zugfestigkeit aufweist. Dies ist wichtig, da die Region immer wieder von Erdbeben heimgesucht wird.

Die Wahl des Baumaterials war aber auch von ästhetische Gesichtspunkte abhängig: Neben polychrom gestalteten Fassaden wurden einzelne Bauteile, wie z. B. ein profilierter Bogen, durch das kontrastierende Material Basalt, vom Hintergrund des hellen Kalksteins hervorgehoben.



Amman. Auswahl der Kalksteine



Amman. Moderne Steinsäge



Gadara. Steinmetzmeister beim Bearbeiten eines Portraits

Veränderungen in der Verwendung verschiedenster Gesteine sind in Gadara gut dokumentiert. Wurde die hellenistische Stadtmauer um 200 v. u. Z. noch fast ausschließlich aus Kalkstein errichtet, so wurden am sog. Bogenmonument *extra muros* (3. Jahrhundert v. u. Z.) verschiedene lokale Gesteine verwendet, und damit die römische Mode der polychromen Fassadengestaltung aufgegriffen. Für die Gestaltung der Fassaden und ausgewählter dekorativer Elemente kamen neben Basalt drei verschiedene Qualitäten von Kalkstein zum Einsatz.

In der römischen Kaiserzeit florierte die Stadt und importierte für die großen Bauvorhaben verschiedenste Gesteine aus dem römischen Reich. So fand nicht nur weißer und grauer Marmor für Säulen-Basen und Kapitelle Verwendung: Die

Säulen des römischen Nymphäums wurden aus grünem Cipollino-Marmor gefertigt. Die fünfschiffige Basilika aus der Mitte des 4. Jahrhunderts ist vor allem aus lokalem Basalt errichtet, während die Kapitelle und Basen aus Marmor und die Säulenschäfte aus Granit gefertigt sind; beide Materialien stammen aus Kleinasien.

Sind in hellenistischer Zeit die Gebäude fast ausschließlich aus einheimischem Kalkstein errichtet, so ist in römischer Zeit ein Wandel hin zum Materialmix zu konstatieren, der vor allem auf Kalkstein und Basalt zurückgreift. In der römischen Kaiserzeit gehörte dann das Importgestein Marmor zur Dekoration und zum Baumaterial städtischer Bauten.



Gadara. Kursteilnehmer der Jahre 2016-2018 beim Steinmetztraining

Zur Situation des Bauens und des Handwerks

Bis ins 19. Jahrhundert prägten die Zelte der Beduinen die Landschaft des heutigen Jordaniens. Erst zum Ende dieses Jahrhunderts entstanden immer mehr kleinere Siedlungen und einfache Häuser sind zunächst aus Bruchstein errichtet worden. Oft wurden hierfür die Steine von antiken Häusern und Ruinen wiederverwendet. Für anspruchsvollere Bauaufgaben konnten Handwerker von der Mittelmeerküste engagiert werden. Nicht nur die Grundmauern bestanden aus Naturstein, sondern in holzarmen Regionen auch Teile der Dachkonstruktion. In Räumen mit größeren Spannweiten wurden anstelle von Holzbalken zusätzliche Querwände mit großen Bogenöffnungen eingestellt. Die Unterseite der Bögen bestand meist aus sorgfältig zugehauenen Werksteinen. Der aufwendige Bogenaufbau stellt mit Abstand den bautechnisch anspruchsvollsten Teil der Baukonstruktion dar.

Traditionelle Konstruktionen und Bauformen aus Naturstein sind heute in Jordanien kaum noch zu finden. In den ländlichen Gebieten errichteten die Bewohner*innen ihre Häuser bis in die 1960er Jahre hinein ausschließlich aus Naturstein bzw. im

Jordantal zum Teil aus Lehmziegeln. Seither hat ein Wechsel der Baustoffe stattgefunden. Sämtliche Häuser bestehen aus einem Stahlbetonskelett, das mit Betonsteinen ausgemauert wird. Kalkstein dient nur noch der Fassadenverkleidung. Seit einigen Jahren werden auch diese Fassadenplatten vermehrt aus Kunststein hergestellt und Kalkstein als Baumaterial zunehmend abgelöst. Das Steinmetzhandwerk erlebte im modernen, rund 100-jährigen Staat Jordanien nur eine kurze Blüte, und dies vor allem in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Davon zeugen – neben den Bauwerken – nur noch die traditionellen Steinmetzwerkzeuge, wie sie teilweise noch in alten Schmieden aufbewahrt werden. Die dort hergestellten und reparierten Werkzeuge können bereits als museal bezeichnet werden, da sich heute kaum noch ein Handwerker finden lässt, der damit umgehen kann.

In Syrien war die Situation bis zum Bürgerkrieg noch anders. Besonders in der Region um Aleppo, wo das Steinmetzhandwerk fest verwurzelt ist, gab es zahlreiche Betriebe, in denen die traditionellen Handwerkstechniken gepflegt wurden.



Gadara. Marmorgebälk des Nymphäums an der Ost-West-Achse (Detail)

Vom Steinbruch zum Bauplatz

Die Gewinnung von Werksteinen für Bauteile setzte mit der Sesshaftwerdung des Menschen im Frühneolithikum ein (um 10.000 v. u. Z.). Waren es zuvor unbearbeitete Steine unterschiedlichster Größe, die zu Trockenmauern zusammengesetzt worden sind, ist bereits vor etwa 12.000 Jahren der Abbau von großformatigen Bauteilen in Steinbrüchen nachgewiesen. Da es noch keine metallenen Werkzeuge gab, wurden diese Arbeiten mit Feuersteingeräten durchgeführt: Feuerstein wird daher oftmals auch als „Stahl der Steinzeit“ bezeichnet und stellte bis zur Entwicklung von Metallgeräten den wichtigsten Rohstoff zur Herstellung von Werkzeugen dar.

Bereits vor etwa 2,5 Millionen Jahren begann der frühe Mensch Werkzeuge aus Feuerstein herzustellen. Am Anfang waren dies einfache Geröllgeräte, doch im Verlauf der Jahrtausende wurden diese zu komplexen Werkzeugen weiterentwickelt. So entstand ein „Werkzeugkasten“, der vielerlei Geräte für die verschiedensten Aufgaben enthielt. Darunter sog. Schwergewichte wie Beile und Dechsel, die in der Holzbearbeitung oder auch im Ackerbau verwendet und in Holz oder Geweih geschäftet wurden. Kleberreste wie Asphalt oder Bitumen geben Aufschluss über die Art ihrer Verbindung.

Die meisten dieser Werkzeuge sind bis in die jüngste Vergangenheit genutzt worden – da Form und Funktion einander bedingen – und praktisch noch heute in Gebrauch. Heute werden aber diese nicht mehr aus Feuerstein hergestellt. Dazu zählen

Paleolithischer Faustkeil
(ca. 250.000 v. u. Z.)



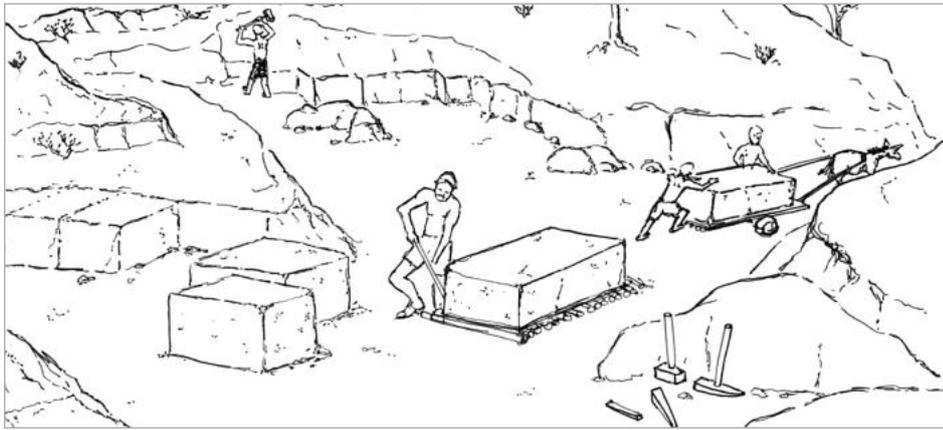
unter anderem Beile, Picken und Meißel, Dechsel, Sichel, Pfeilspitzen oder Bohrer.

Neben der Nutzung von Geräten für den täglichen Bedarf sind Feuersteingeräte auch in der Steinbearbeitung zum Einsatz gekommen. Dies ist möglich, da Feuerstein härter ist als beispielsweise Kalkstein. Steingefäße des ausgehenden Paläolithikums (10. Jahrtausend v. u. Z.) und späterer Zeiten, die sowohl aus Kalkstein aber auch Basalt oder anderen Hartgesteinen hergestellt wurden, sind mit Feuersteingeräten bearbeitet worden.

Der gezielte Abbau von Bauteilen in Steinbrüchen mit Hilfe von Steingeräten setzt im Frühneolithikum (10. Jahrtausend v. u. Z.) ein und monumentale Pfeiler oder großformatige Plastiken, wie etwa am Göbekli Tepe in der Südost-Türkei, sind Ausweis steinhauerischer und steinmetzmäßiger Bearbeitung.



Umland von Gadara/ Umm Qays. Flintsteinlage/-band im anstehenden Kalkstein



Arbeiten im Steinbruch.
DAI, Projekt JORD I,
Capacity Building,
Helena Brinckmann

In horizontalen Schichten anstehender Kalkstein wurde in Steinbrüchen abgebaut, da dieser verhältnismäßig einfach zu gewinnen war: Die geplante Umrissform wurde am Rand eines Aufschlusses mittels Steingeräten bis zur nächsten geologischen Lage umlaufend eingetrieben. Die Randlage ist insofern wichtig, als damit eine vertikale Hebung vermieden und der Rohling herausgeschoben wird.

Mit dieser Technik wurden bereits im Frühneolithikum bis zu 40 t schwere Bauteile gewonnen. Diese sind dann vermutlich mit Hilfe dünner Gleithölzer zu ihrem Bestimmungsort transportiert worden. Dies ist umso eindrucksvoller, als zu diesem Zeitpunkt noch keine Zugtiere zur Verfügung standen. Seither hat sich an dieser Technik kaum etwas verändert – nur die benutzten Werkzeuge sind in späteren Zeiten nicht mehr ausschließlich aus Feuerstein und Felsgestein hergestellt worden, sondern aus Bronze, Eisen und später Stahl.

In der Umgebung von Umm Qays kann ebenfalls der Abbau von großen Kalksteinblöcken in Steinbrüchen nachvollzogen werden. Diese finden sich im gesamten Gebiet um die antike Stätte

Gadara und dienten ihrer Rohstoffversorgung ab der hellenistischen Zeit. Die natürliche Schichtung des Kalksteins ist im Abbau genutzt worden, meist auch mit Nachweis des Ausschlebens bei Randlage. Obschon Metallgeräte die früher genutzten Steingeräte ersetzt haben, muss angenommen werden, dass der leicht zugängliche und weitaus härtere Feuerstein weiterhin im Steinbruch Anwendung fand, beispielsweise in Form von Picken oder Spaltkeilen.

Die gewonnenen Bauteile wurden im Steinbruch grob zugerichtet und dann von Lasttieren bis zur Straße oder, je nach Entfernung, direkt zum Bestimmungsort transportiert. Darüber hinaus gab es natürlich auch Importgesteine wie Marmor und Granit, die über weite Entfernungen (bis zu 1.000 km) nach Gadara gebracht wurden. Ob es sich hierbei um den Versand von Fertigteilen oder Halbfabrikaten handelte, muss vorerst unbeantwortet bleiben. Vorgefertigte korinthische Kapitelle, die im Mittelmeer in Schiffswracks gefunden wurden, bezeugen die weitreichenden Möglichkeiten antiken Handels.



Umland von Gadara/ Umm Qays. Antiker Steinbruch, Kalkstein

Kleine Gesteinskunde

In und um Umland von Umm Qays gibt es eine Vielzahl verschiedener Natursteine, die für die Errichtung von Gebäuden und öffentlichen Anlagen über die Jahrhunderte hinweg genutzt wurden. Einige Gesteine sind sehr weich, andere hingegen äußerst hart. Die Wahl des Baumaterials war stets mit den Eigenschaften des Gesteins und den Möglichkeiten seiner Bearbeitung verbunden.



Umland von Gadara/ Umm Qays. Kalksteinprofil

Feuerstein

Silex oder Feuerstein, Flint oder Hornstein werden häufig synonym benutzt, da deren chemische und geologische Zusammensetzung selten untersucht wird – insbesondere nicht in archäologischen Kontexten. Hier wird der Begriff „Feuerstein“ benutzt, da dies der gängigste Begriff ist.

Feuerstein besteht fast ausschließlich aus Kieselsäure (SiO_2). Zwar sind bislang nicht alle physikalischen Prozesse um die Entstehung dieses Kieselgesteins geklärt, dass es sich bei der Entstehung aber um Ausscheidungs- und Ausfällungsprozesse aus vor allem organischen Kieselsäurelösungen handelt (bspw. Schalen von Mikroorganismen), kann als gesichert gelten. Nach

einem mehrere Millionen Jahre dauernden Prozess entstand Knollen- oder Plattenfeuerstein, der in das Umgebungssediment eingebettet ist. Je nach Aufschluss kann Feuerstein meist einfach abgesammelt werden, in wenigen Fällen ist bergbauliche Tätigkeit nötig. Im Umland von Umm Qays ist vor allem Knollenfeuerstein verschiedenster Qualität an der Oberfläche zu finden.

Homogener, hochqualitativer Feuerstein ist gut spaltbar. Beim Abschlagen der Kanten entsteht eine muschelförmige Bruchfläche, die für alle harten Kalksteine typisch ist. Die Kanten sind scharf und können mittels Retusche (Modifikation der Kanten) geformt und versteift werden.



Umland von Umm Qays. Flintsteinlage/-band im anstehenden Kalkstein

Kalkstein

Die Landschaft im Norden Jordaniens ist hauptsächlich durch Kalkstein geprägt. Überall dort, wo die Topografie der Landschaft keine Vegetation zulässt oder der Mensch durch den Bau von Straßen und Gebäuden die Erde abträgt, sieht man die hellen Gesteinsschichten. Kalkstein besagt zunächst nur, dass der Hauptbestandteil des Gesteins Kalk, genauer: Kalziumkarbonat, ist. Die Eigenschaften wie Farbe, Festigkeit oder Gewicht können sehr stark variieren und hängen mit der Entstehung des Gesteins zusammen.

Die Felsen und Steine, über die wir heute in Umm Qays laufen, sind vor vielen Millionen Jahren, im Zeitalter des Miozäns, entstanden. Damals war die östliche Levante von einem Meer bedeckt, das vom Mittelmeer bis zum Golf von Persien reichte. Am Boden dieses Meeres haben sich über Jahrmillionen verschiedene Kalke angesammelt. Da die Tiefe des Meeres – und damit auch die Lebensbedingungen für die Organismen – über diesen langen Zeitraum häufig wechselte, hat sich auch der Kalk, der sich am Boden ablagerte, stark verändert. In einem sehr tiefen Meer ist der Druck so hoch, dass sich der Kalk aus dem Wasser löst und zu Boden rieselt. In einem flachen Meer sammeln sich am Boden die Schalen von Krustentieren wie Muscheln, Schnecken oder Kopffüßlern. Diese unterschiedlichen Meeresablagerungen haben sich im Miozän zu einem Schichtkomplex von mehreren Kilometern

summiert. Durch den enormen Druck der auflagernden Schichten hat sich lockeres Sediment im Laufe der Zeit zu einem Stein verfestigt. Die Plattentektonik, der Prozess, der die Kontinente über den Erdball schiebt und diese kollidieren lässt, hat später dieses Meer gehoben. So entstanden daraus Hügel und Berge, die die heutige Landschaft prägen. Der Boden wurde jedoch nicht gleichmäßig gehoben, sondern gedrückt, gepresst und gefaltet. Einst horizontal verlaufende Schichten können daher schräg, senkrecht oder teilweise sogar auf dem Kopf stehen. Regen- und Quellwasser haben Spalten und Risse ausgewaschen, sie zu Schluchten und Tälern geformt und die heutige Landschaft entstehen lassen.

Die Erbauer von Gadara, aber auch die späteren Bewohner*innen von Alhara Alfoqa, haben im Umland der Stadt nach Gesteinen gesucht, die ihren Ansprüchen genügten. Für die hellenistische Festungsmauer wählten sie Baumaterial, welches sich in unmittelbarer Nähe der Baustelle befand. Dieser weiße, sehr weiche Kalkstein ist leicht zu brechen und konnte von den Steinmetzen mit geringem Aufwand zu großen Blöcken verarbeitet werden. Auch der hellenistische Tempel wurde aus diesem Material errichtet. Kalkstein fand sowohl für dekorative Architekturteile als auch Inschriften und Baudekor Verwendung.



Umland von Umm Qays. Kalksteinprofil

Basalt

Ein weiterer Naturstein, der die Bauten von Gadara und Alhara Alfoqa prägt und einen Kontrast zum hellen Kalkstein darstellt, ist Basalt. Das anthrazitfarbene bis schwarze Gestein unterscheidet sich nicht nur durch seine Farbe, sondern bietet konstruktiv eine Vielzahl an Möglichkeiten. Es ist fest und widerstandsfähig, sodass daraus auch schlanke Deckenbalken, Türen oder Sarkophage hergestellt werden konnten. Andererseits ist dieses harte Gestein schwer zu bearbeiten und erfordert daher spezielle Werkzeuge. Damals benötigten die Steinmetze nicht nur deutlich mehr Zeit zur Bearbeitung, sondern waren auch auf Schmiede angewiesen, die entsprechend qualitativ hochwertige Werkzeuge herstellen konnten.

Basalt findet sich noch heute überall im näheren Umland von Umm Qays, doch nicht als imposante geologische Formation, sondern als Geröll und Kugeln entlang der Straßen und Wege. Er hat seinen Ursprung in einer vulkanischen Aktivität, die diese Gegend bis vor wenigen tausend Jahren überformte. Das aus dem Inneren der Erde aufsteigende Magma war sehr dünnflüssig und konnte daher keine charakteristischen, kegelförmigen Vulkane aufbauen. Die Lava breitete sich vielmehr wie ein großer, brüchiger Teppich über hunderte von Quadratkilometern aus.

Die in der erstarrten Lava gebundenen Elemente wie Calcium, Eisen, Kalium, Magnesium und Natrium werden durch den Prozess der Verwitterung gelöst und bilden heute wertvolle Nährstoffe für die lokale Pflanzenwelt. Die Minerale wandeln sich teilweise zu Tonmineralen um und ließen so die fruchtbaren Böden entstehen, die auch den Westen des Antikengeländes von Gadara – die sog. Ard al-Ala – bedecken. Auf und unter der Erde finden sich dort noch riesige, kugelförmige Basaltblöcke. Das Gestein wurde also nicht in großen Steinbrüchen gewonnen, sondern wie Kartoffeln aus der Erde gegraben.

Zu den größten Bauwerken des antiken Gadara gehören die beiden aus Basalt errichteten Theater. Charakteristisch ist das akkurate Fugenbild jener Mauerwerke. Auch wenn es qualitative Unterschiede zwischen den beiden Bauwerken gibt, so sind die Fugen der Ruinen auch nach rund 2000 Jahren immer noch „messerscharf“, insbesondere die des Nordtheaters. Die noch aufrecht stehenden Fassaden zeigen kaum Spuren der Verwitterung und so ist es nicht verwunderlich, dass die Bauwerke bis vor wenigen Jahrzehnten kontinuierlich ihrer Quader beraubt wurden und somit als eine Art Steinbruch dienten.



Umland von Umm Qays. Aufgeschichtete Basaltkugeln und Basaltgeröll



Gadara, Antikengelände. Thermenkomplex, Säulenstellung aus Marmor auf Kalksteinpostament

Marmor

Unter römischer Herrschaft wurde für die Innenausstattung ausgewählter Räume, Baudekor oder Skulpturen oft farbiger Marmor verwendet, der aus weit entlegenen Gebieten stammte.

Marmor ist ein Kalkstein, der über einen langen Zeitraum hohem Druck und hohen Temperaturen ausgesetzt war. Dies geschieht tief im Inneren der Erde oder in unmittelbarer Nähe zu einem Vulkan. Durch eine Metamorphose bildet sich aus dem Sediment ein kristallines Gestein. Dieses weicht im Verlauf des Prozesses auf und verhält sich plastisch, sodass sich die horizontalen Schichtungen zu gewundenen Aderungen verformen können.

Das heute noch sehr beliebte Gestein verdankt seinen Ruf insbesondere den guten Eigenschaften, die es in der Antike zu einem der meist verwendeten Materialien werden ließ. Der Marmor ist in der Regel sehr homogen, weich und dennoch fest. Dies ist bei der Bearbeitung von großem Vorteil. Die Form einer Skulptur kann mit Hammer und Meißel aus dem Gestein herausgeschält werden, während kleine Details mit Hilfe von Bohrern und feinen Skalpelln gearbeitet werden können. Kaum ein anderes Gestein lässt sich so gut bearbeiten und ist dennoch so widerstandsfähig. Zudem lässt sich der Marmor im Gegensatz zu den meisten Kalksteinen polieren.

Marmor ist ein ideales Material für die Bildhauerei. In Griechenland, wo es sehr viele Marmorvorkommen gibt, haben Bildhauer der Antike bereits im 7. Jahrhundert v. u. Z. mit diesem Material gearbeitet. Die Verwendung von Marmor in Gadara ist aber nicht nur eine modische Erscheinung, sondern dokumentiert auch eine Weiterentwicklung des Handwerks. Auch wenn die Skulpturen und Bauteile teilweise in den weit entfernt liegenden Steinbrüchen vorgefertigt wurden, so erfolgte die Fertigstellung dennoch vor Ort. Dafür waren nicht nur Steinmetze und Bildhauer nötig, die ihr Handwerk andernorts erlernt hatten, sondern auch Schmiede. Die Bearbeitung von Hartgesteinen, wie beispielsweise Porphyry, Granit und Diabas, war bereits im Neolithikum möglich. Die mühsame Bearbeitung erfolgte durch Schleifen und Schlagen von Stein auf Stein. Selbst in Ägypten, wo für die Bearbeitung von Kalkstein bereits Meißel aus Kupfer verwendet wurden, wurde bei härteren Gesteinen auf diese sehr zeit- und arbeitsintensive Technik der Steinbearbeitung zurückgegriffen.



Gadara, Antikengelände.
Antike Marmorsäule, Chipolino



Gadara, Antikengelände. Sitzstatue der Tyche/Fortuna, aus dem Westtheater (heute im Jordan Museum Amman). Aufnahme 1986, Thomas Weber.

Die im Stadtgebiet von Gadara gefundenen Skulpturen, wie die der Agathe Tyche, die im Museum von Umm Qays ausgestellt ist, sind meist weiß, gelblich oder grau.

Die Farbe des Marmors spielte für die Bildhauerei nur eine untergeordnete Rolle. Die Skulpturen der Antike waren in der Regel farbig gefasst. Ihre Farbigkeit ist nur noch in wenigen Fällen erhalten geblieben. In späteren Epochen galt sie als unschön und wurde oft mit viel Mühe entfernt. Kleine Reste, die jene Farbenpracht erahnen lassen, finden sich, wenn auch selten, in kleinen Falten oder an den Rückseiten der Skulpturen.

Wurde der Marmor für Architekturteile verwendet, so galt es, seine natürliche Farbigkeit

und Charakteristik bewusst zu inszenieren. In Gadara finden sich neben weißen Architekturteilen beispielsweise Säulen aus grün-weiß gestreiftem Marmor. Sein Name, „Cipollino“, leitet sich vom lateinischen Wort ‚cepa‘, der Zwiebel, ab. Farbe und Textur ähneln einer aufgeschnittenen Zwiebel. Dieser Marmor kommt in verschiedenen Steinbrüchen in Griechenland und Italien vor und wurde auch für öffentliche Bauten in der Hauptstadt des Römischen Reichs, Rom, verwendet. Mit der Nutzung dieses Materials war somit auch ein gewisses Prestige verbunden. Einer dieser grün-weißen Marmorsorten, so filigran geschichtet, dass er an eine Damaszener Klinge erinnert, wird daher auch als „Cipollino Damascato“ bezeichnet.

Zweitverwendung der alten Werksteine

Viele der sorgfältig bearbeiteten antiken Werksteine sind in der wechselhaften Geschichte des Ortes mehrfach wiederverwendet worden. Ein Großteil verblieb am Ort und wurde für die Errichtung der Häuser in Alhara Alfoqa / Umm Qays genutzt. Diese Gebäude spiegeln zum einen die handwerklichen

Fähigkeiten und zum anderen die Ansprüche an die Architektur wider. Für die Umfassungsmauern wurde der Basalt in handliche Formate gebrochen. Einige der Hofhäuser, wie das Beit Melkawi, wurden zunächst fast ausschließlich unter Nutzung wiederverwendeter Basaltquader errichtet, während



Gadara, Antikengelände. Nordtheater, Zeichnung von T. Allan und W. Floyd, 1838, und auf einem Foto von 2019; Blick nach Nordwesten

andere Gebäude, wie das Beit Roussan, das heutige Museum, im Gegensatz dazu nahezu vollständig aus zweitverwendetem Kalkstein erbaut worden sind. Für ausgewählte Elemente wie Tür- und Fensterstürze kamen antike Bauteile zum Einsatz, aus ästhetischen Gründen auch oft im Wechsel mit anderen Gesteinen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden beide Bauwerke um ein zweites Stockwerk erweitert. Zu dieser Zeit haben sich die Ansprüche der Bauherren verändert. Für die deutlich repräsentativeren und weithin sichtbaren Räumlichkeiten wurde in beiden Fällen frisches Gestein gebrochen. Überliefert ist zudem, dass die Herstellung der Quader nicht den Handwerkern aus dem Dorf überlassen wurde, sondern Steinmetze aus Palästina engagiert worden waren. Neben den neuen Bewohnern, die sich am Ende des 19. Jahrhunderts auf der antiken Ruinenstätte ansiedelten und die überkommenen Reste für den Bau

ihrer Höfe nutzten, ist auch ein systematischer Abbau großer Gebäude belegt. Ebenfalls am Ende des 19. Jahrhunderts wurde in Irbid ein großes Gefängnis errichtet. Hierfür sind die Sitzreihen des Nordtheaters abgebrochen und über 30 km transportiert worden.

Ein zweites Leben als sog. Spolie erhielten insbesondere dekorierte Steine, die als Tür- und Fensterstürze verwendet werden konnten. Aber auch einfache Steine, wie Pflastersteine der römischen Hauptverkehrsstraße, wurden aufgrund ihres praktischen Formats Anfang des 20. Jahrhunderts beim Bau der Hofhäuser in Alhara Alfoqa / Umm Qays wiederverwendet.

Neben der Zweitverwendung als Bauteile sind Quader, Profilsteine und vielleicht auch Skulpturen aus Kalkstein und Marmor bereits in der Antike zu Branntkalk verarbeitet worden. Der gebrannte Kalk wurde anschließend gelöscht und für die Herstellung von Mörtel verwendet.

Alle Abbildungen und Zeichnungen stammen, soweit nicht anders vermerkt, aus dem Bildarchiv des DAI, Projekt Gadara (Umm Qays, Jordanien).

Um die Lesbarkeit zu erleichtern, wird in den Schulungstexten ausschließlich die generische Maskulinform verwendet und die geschlechtliche Vielfalt nicht explizit ausgewiesen. Doch auch wenn personenbezogene Bezeichnungen in den Texten nicht gegendert werden, richten sich Ansprache und Inhalte ausdrücklich an alle Personen, die sich für das Steinmetzhandwerk interessieren, sowie an alle Teilnehmer*innen der Steinmetzkurse egal welchen Geschlechts.

**WERKZEUGE
UND
HILFSMITTEL**

Der Hammer – der Fäustel

Als Hammer wird in der Regel ein geschmiedeter, sog. Fäustel verwendet. Form, Gewicht und Länge des Stiels sind regional verschieden und haben auch viel mit den persönlichen Vorlieben der Steinmetze zu tun.

Die jordanischen Steinmetze verwenden heute eiserne Hämmer mit kurzem Stiel, einem gebogenen Kopf und einem Gewicht von ungefähr 1 kg. Neben einem geraden Fäustel, der in der Regel etwas schwerer ist, verwenden deutsche Steinmetze auch hölzerne Hämmer. Diese sog. Knüpfel oder

Klöpfel sind zwischen 500 g und 2 kg schwer, wobei sie dennoch handlich sind. Allgemein ist festzuhalten, dass für die groben Arbeiten eher der Fäustel, für die feineren Arbeiten eher Knüpfel verwendet werden.

In Syrien und Jordanien ist die Verwendung von Knüpfeln nicht mehr gebräuchlich. Die Handwerker sind dazu übergegangen, auch die feinen und filigranen Arbeiten mit einem kleinen eisernen Fäustel auszuführen.



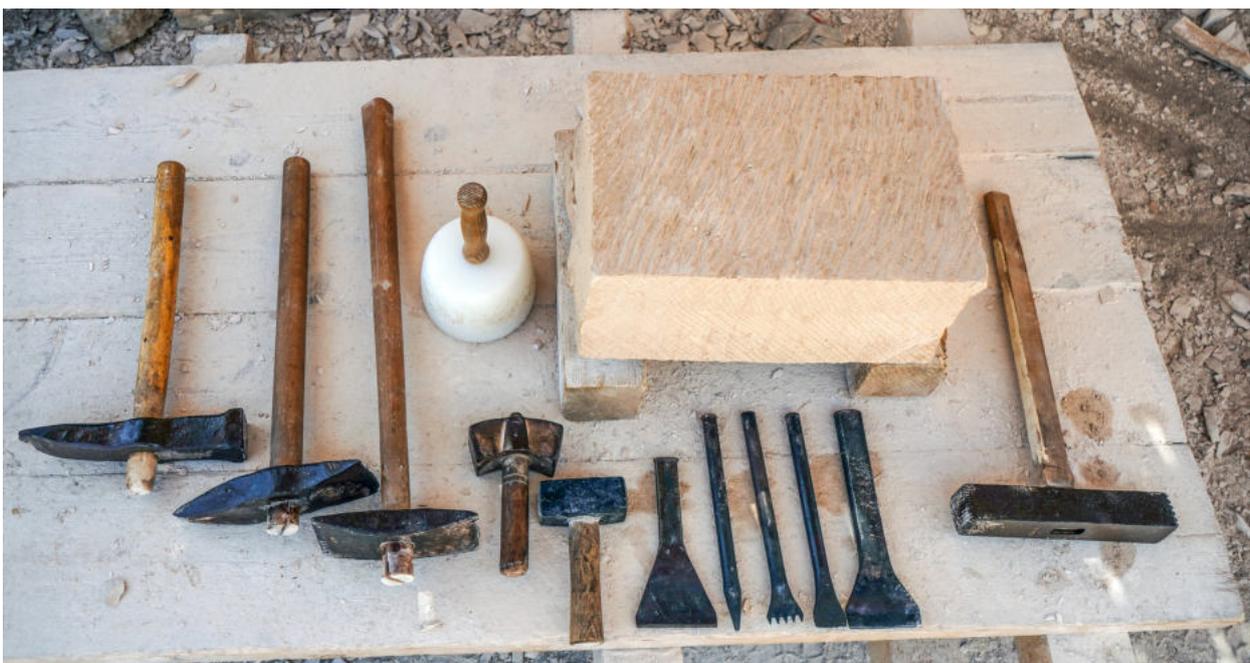
Orientalischer Fäustel



Deutscher Fäustel



Knüpfel



Verschiedene Hämmer und Meißel, die traditionell für die Bearbeitung von Kalkstein in Jordanien benutzt wurden.

Der Meißel – das Eisen

Zum Zurichten oder Brechen von Blöcken benötigt der Steinmetz zunächst Keile und einen Setzhammer. Ist die grobe Form hergestellt, wird mit dem Meißel weitergearbeitet. Die Form und die Wahl der Meißel sind abhängig vom Gestein, das bearbeitet wird.

Für weiche Gesteine wie Kalkstein oder Marmor benötigt der Steinmetz Spitz-, Zahn- und Schlageisen. Mit dem Spitzeisen werden die groben Arbeiten durchgeführt, mit dem Zahneisen nähert man sich der Oberfläche an, und mit dem Schlageisen werden anschließend die Kanten und die Oberflächen eingeebnet. Bei sehr weichen Gesteinen werden die Oberflächen auch mit einem sog. Scharriereisen, einem sehr breiten Schlageisen, geglättet. Für das Arbeiten im

Hartgestein, wie beispielsweise Granit oder Basalt, müssen die Werkzeuge deutlich härter geschmiedet werden.

Während die Schneiden der Werkzeuge für weiches Gestein sehr schlank und spitzwinklig sind, müssen sie für Hartgesteine sehr stumpf angeschmiedet werden. Die Klingen sind auch deutlich schmaler. Zahn- und Scharriereisen können nicht verwendet werden, da dem Zahneisen die Zähne ausbrächen und die breiten Scharriereisen wirkungslos über die Oberflächen glitten. Während dem Steinmetz für die Arbeit mit weichen Gesteinen eine breite Palette verschieden geformter Werkzeuge zur Verfügung steht, ist diese für Arbeiten im Hartgestein deutlich begrenzter.

Für die Bearbeitung von Naturstein stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Man unterscheidet dabei zwischen Werkzeugen für Hart- und für Weichgestein.



Spitzeisen für Weichgestein (z.B. Kalkstein)

Spitzeisen, das für den weichen Kalkstein schlank ausgeschmiedet wurde



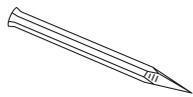
Spitzeisen für Hartgestein (z.B. Basalt)

Diese Spitzeisen besitzen eine Spitze aus Hartmetall, die in einem stumpfen Winkel endet. Für Basalt können auch geschmiedete Meißel verwendet werden, die jedoch häufig nachgeschliffen werden müssen.

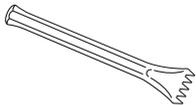
Werkzeuge und Oberflächen

Die meisten Steinmetzwerkzeuge sind Meißel, die mit dem Hammer oder dem Knüpfel angetrieben werden. Jedes Werkzeug hinterlässt charakteristische Werkzeugspuren.

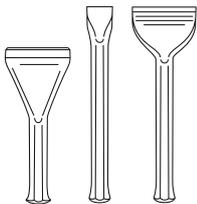
Die Meißel werden in drei Gruppen unterschieden:



Spitzeisen
Meißel mit einer schlank ausgeformten Spitze

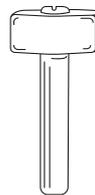


Zahneisen
Meißel mit mehreren, in Reihe angeordneten Spitzen (Zähne)

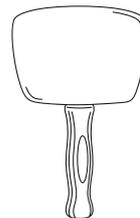


Schlageisen
Meißel mit einer flachen Schneide (diese Werkzeuge gibt es jeweils in verschiedenen Größen)

Je nach Härte des Gesteins werden die Meißel entweder mit dem Fäustel oder dem Knüpfel geschlagen:



Hartgestein (Basalt):
Der Fäustel wird für alle Meißel benutzt.



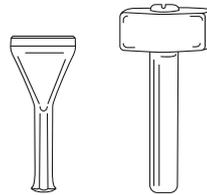
Weichgestein (Kalkstein):
Der Fäustel wird nur für das Spitzeisen verwendet, alle anderen Meißel werden mit dem **hölzernen Knüpfel** geschlagen.



Allgemeine Steinmetzwerkzeuge: Weiche Gesteine



Prelleisen – geprellte Oberfläche

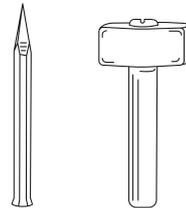


Arbeitsschritt:
Abschlagen von Kanten

Werkzeuge:
Prelleisen, Fäustel



Spitzeisen – gespitzte Oberfläche

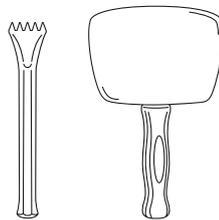


Arbeitsschritt:
Grobes Abtragen von Stein

Werkzeuge:
Spitzeisen, Fäustel



Zahneisen – gezahnte Oberfläche

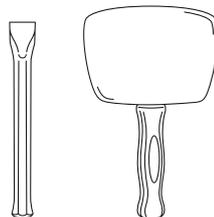


Arbeitsschritt:
Feines Abtragen von Stein

Werkzeuge:
Zahneisen, Knüpfel



Flacheisen – einfacher Schlag

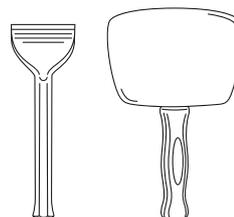


Arbeitsschritt:
Glätten von Kanten und kleinen Flächen

Werkzeuge:
Flacheisen, Knüpfel



Scharriereisen – eingebnete Fläche



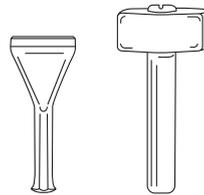
Arbeitsschritt:
Einebnen von großen Flächen

Werkzeuge:
Scharriereisen, Knüpfel

Allgemeine Steinmetzwerkzeuge: Harte Gesteine



Prelleisen – geprellte Oberfläche



Arbeitsschritt:

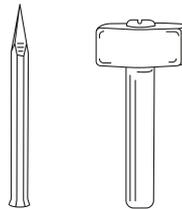
Mit diesem Werkzeug können präzise Kanten hergestellt werden

Werkzeuge:

Prelleisen, Fäustel



Spitzeisen – punktgespitzte Oberfläche



Arbeitsschritt:

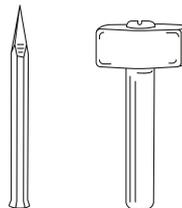
Das Spitzeisen ist das wichtigste Werkzeug im Steinmetzhandwerk und bei fast allen Arbeitsschritten verwendet

Werkzeuge:

Spitzeisen, Fäustel



Spitzeisen – bahngespitzte Oberfläche



Arbeitsschritt:

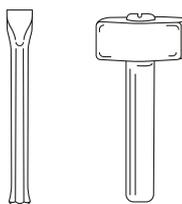
Neben dem Abarbeiten von Stein kann das Spitzeisen auch für die Gestaltung von Oberflächen eingesetzt werden

Werkzeuge:

Spitzeisen, Fäustel



Schlageisen – eingebnete Oberfläche



Arbeitsschritt:

Bei hartem Gestein werden die Oberflächen mit einem schmalen Schlageisen hergestellt

Werkzeuge:

Schlageisen, Fäustel

Traditionelle Werkzeuge in Jordanien



Steinaxt

- damit können große Kanten angeschlagen werden
- das Werkzeug wurde hauptsächlich im Steinbruch verwendet
- ist heute kaum noch gebräuchlich



Fläche / Beil

- damit wird ein gebrochener Stein grob „zugerichtet“ (zugeschlagen)
- hiermit lassen sich Oberflächen grob einebnen
- an den Häusern in Alhara Alfoqa finden sich viele Spuren dieser Werkzeuge



Zahnfläche

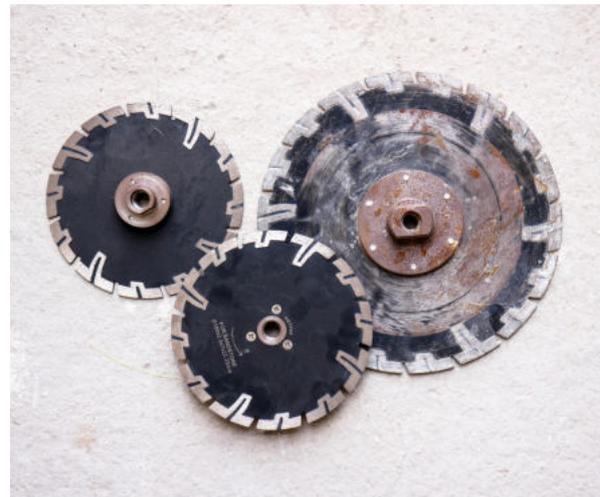
- mit der Zahnfläche werden große Oberflächen geglättet
- das Werkzeug dient auch zur Gestaltung von Oberflächen (beispielsweise Fassaden- oder Gehwegplatten)
- häufig verwendetes Werkzeug in Alhara Alfoqa

Schneidewerkzeuge: Winkelschneider

Für effizientes Arbeiten können viele Arbeitsschritte mit Winkelschleifern ausgeführt werden. Mit einer rotierenden Diamantscheibe lassen sich fast alle Gesteine problemlos schneiden. Winkelschneider eignen sich gut, um Kanten herzustellen und um große Bossen abzarbeiten.



Winkelschneider gibt es in verschiedenen Größen. In der Regel wird zwischen 125 mm und 230 mm Durchmesser der Trennscheibe unterschieden. Die Tiefe der Schnitte beträgt zwischen 4–8 cm.



Für die Arbeit mit Naturstein eignen sich ausschließlich Diamanttrennscheiben. Besonders geeignet, aber auch teurer sind die Scheiben mit angesetztem Flansch. Damit können Flächen eben abgeschnitten werden.



Der große Winkelschneider (230 mm) wird in der Regel für grobe Vorarbeiten verwendet. Für eine bessere Standsicherheit wird das Werkstück am Boden bearbeitet.



Der kleine Winkelschneider (125 mm) eignet sich besonders für das genaue Schneiden von Kanten.

Wichtig: Arbeitsschutz!

Für das Arbeiten mit Schneidewerkzeugen gelten grundlegende Sicherheitsbestimmungen! Dazu gehören das Tragen von Arbeitsschutzschuhen, einer Schutzbrille, einer Staubschutzmaske und eines Gehörschutzes.

Die Arbeit mit dem Winkelschneider darf nur nach erfolgreicher Einweisung erfolgen.

Der Winkelschneider muss so gehalten werden, dass die rotierende Trennscheibe nicht auf den eigenen Körper zeigt.

Es darf niemals ohne Brille gearbeitet werden.



Wichtig:

Damit sich die Scheibe nicht verkantet, muss das Werkzeug vorsichtig und langsam bewegt werden. Das Verkanten des Winkelschneiders kann dazu führen, dass man die Kontrolle über das Werkzeug verliert und sich schwer verletzt.



Kleine parallele Schnitte ermöglichen, dass das Gestein anschließend mit einem Spitzzeisen leichter abgetragen werden kann. Die Arbeit mit dem Spitz- und Zahnzeisen benötigt dadurch weniger Zeit.

Wichtig:

Beim Schneiden sollte nie bis auf den Grund des Profils geschnitten werden, da das Gestein beim Spitzen meist nach unten ausbricht.

Drucklufthammer

Ein weiteres Werkzeug, das die Arbeit deutlich beschleunigen kann, ist der Drucklufthammer. Drucklufthammer gibt es in verschiedenen Größen und Formen.



Um mit einem Drucklufthammer zu arbeiten, benötigt man geeignete Werkzeuge und einen entsprechend dimensionierten Kompressor.



Der Kompressor benötigt in der Regel einen 220 Volt-Anschluss. Größere Kompressoren benötigen aber auch 380 Volt.



Wichtig: Arbeitsschutz!

Für das Arbeiten mit Druckluftwerkzeugen gelten grundlegende Sicherheitsbestimmungen! Dazu gehören das Tragen von Arbeitsschutzschuhen, einer Schutzbrille, einer Staubschutzmaske und eines Gehörschutzes.

Die Arbeitsschritte und die Reihenfolge der Arbeiten, die mit dem Drucklufthammer ausgeführt werden, unterscheiden sich nicht von den Arbeitsschritten der Handarbeit.



Mit Drucklufthammer und Spitzeisen wird der Bossen in diagonalen Bahnen abgearbeitet.



Idealerweise wird die Arbeit mit Schneidwerkzeugen und Druckluftwerkzeugen kombiniert.

Nachdem die Fasse mit Spitz- und Zahneisen hergestellt wurde, wird hier mit dem Winkelschneider die Arbeit an der Kehle vorbereitet.

Die Abstände der Schnitte sind abhängig von der Tiefe des Schnittes. Im Allgemeinen gilt: Je tiefer der Schnitt ist, um so breiter kann der Abstand zwischen zwei Schnitten sein.



Mit dem Drucklufthammer wird das Gestein längs zur Schneidrichtung abgearbeitet. Wenn quer zum Schnitt gearbeitet wird, besteht die Gefahr, dass das Gestein nach unten ausbricht.

Genau wie bei den Handwerkzeugen sollte nicht versucht werden, zu viel Gestein auf einmal abzuarbeiten.

Und auch hier gilt: Je präziser man mit den großen Werkzeugen arbeitet, umso leichter ist die Arbeit mit dem nächst feineren Werkzeug.

Winkel und Richtsheit

Neben den Werkzeugen für die Steinbearbeitung sind zwei weitere Werkzeuge für die Herstellung eines Werkstücks besonders wichtig: Winkel und Richtsheit.



Das Richtsheit ist eine gerade Latte aus Hartholz, die vom Tischler hergestellt wird. Wichtig ist, dass das Richtsheit länger als das Werkstück ist.

Das Richtsheit dient zum Anzeichnen von Kanten und zum Prüfen von Randschlägen und Flächen.



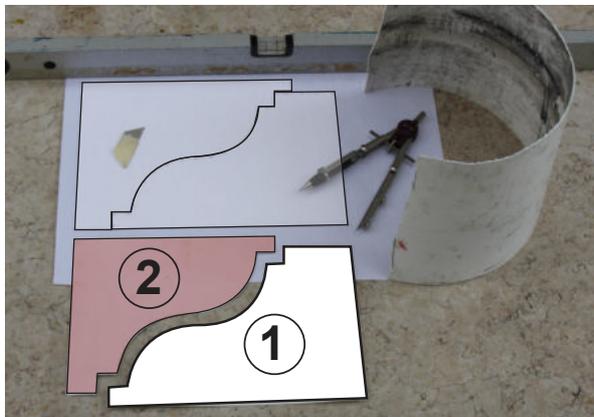
Der Winkel ist ein technisches Hilfsmittel aus Eisen. Er besteht aus zwei geraden Teilen, die genau im Winkel von 90 Grad zueinander stehen.

Der Winkel wird zur Herstellung von rechtwinkligen Kanten, Flächen und Quadern benötigt. Er dient auch zum Anzeichnen und Prüfen von Profilen.

Die Schablone

Als Vorlage für ein Profil dient meistens eine Zeichnung. Damit diese als Werksteinprofil umgesetzt werden kann, muss die Zeichnung auf eine Schablone übertragen werden.

Die Schablone dient zum Anzeichnen des Profils und zur Kontrolle während der Arbeit. Sie sollte daher immer aus einem festen Kunststoff oder Metall bestehen.



Es gibt zwei Arten von Schablonen:

- ① Anreißschablone
- ② Kontraschablone



Für das Anlegen einer Anreißschablone (1) müssen die Kopfseiten (blau) des Werksteins glatt und sauber sein.

Die Schablone wird auf beiden Seiten angezeichnet. Es ist darauf zu achten, dass die Schablonen im gleichen Winkel angezeichnet werden



Es gibt Profile, die nicht von außen angezeichnet werden können. In diesen Fällen müssen die Zwischenschritte der einzelnen Profiglieder direkt am Stein angezeichnet werden.

Die Kontraschablone (2) dient in diesem Fall nur zur Kontrolle.

Exkurs Das Schmieden von Steinmetzwerkzeugen

Der Steinmetz verwendet für die Bearbeitung von Naturstein in der Regel geschmiedete Werkzeuge. Der Schmied bringt das Werkzeug in die gewünschte Form und verleiht ihm die für das Gestein notwendige Härte.

Das Schmieden ist nur ein kleiner Teil des Trainingsprogramms. Dabei geht es weniger um das Erlernen des Handwerks, als vielmehr um das Verständnis der Zusammenhänge der beiden Handwerksberufe.



Die wichtigsten Utensilien des Schmieds sind das Schmiedefeuer...



...der Amboss und verschiedene Hämmer.



Mit dem Schmiedefeuer werden die Eisen bis zum Glühen erhitzt. Die Temperatur des Feuers muss dabei zwischen 950 °C und 1250 °C liegen.

Um die richtige Temperatur zu erreichen, benötigt man Schmiedekohle oder Koks. Unter dem Feuer befindet sich ein Gebläse.



Wenn das Eisen die richtige Temperatur hat, wird das Werkzeug mit dem Hammer geformt. Solange das Eisen rot-glühend ist, kann es mit dem Hammer leicht in Form geschlagen werden.



In der Regel kühlt das Eisen nach einigen Schlägen deutlich ab. Dann wird das Eisen wieder ins Feuer gelegt und erneut zum Glühen gebracht.



Ist das Eisen ausgeformt, kann es auch noch mit anderen Werkzeugen nachbearbeitet werden.



Solange das Eisen noch weich ist, kann beispielsweise eine gerade Kante abgeschlagen werden.



Zum Abschluss muss das Werkzeug noch gehärtet werden. Dieser Vorgang erfordert viel Erfahrung denn das Eisen muss entsprechend der späteren



Verwendung genau erhitzt und gezielt abgeschreckt werden.

NATURSTEIN- BEARBEITUNG

Werkstücke bearbeiten

Bei der Auswahl des Rohmaterials ist darauf zu achten, dass der Naturstein die gewünschte Farbe besitzt, die natürliche Lagerung dem Verwendungszweck entsprechend verläuft und dass das Material die richtigen Maße besitzt und fehlerfrei ist.

Fehler im Gestein werden durch verschiedene Methoden erkannt:

Prüfung auf Risse

Neben dem sorgfältigen Begutachten hilft das Nässen des Steins. Beim anschließenden Trocknen zeichnen sich Risse ab, da sie die Feuchtigkeit stärker aufnehmen und länger zurückhalten.

Auf gesägten Flächen sind Risse ebenfalls gut zu erkennen.



Klangprüfung

Die Klangprobe ist eine weitere Methode, um Fehler zu erkennen. Fehlerloses Gestein klingt beim Anschlagen mit dem Kopf eines Eisens hell und der Klang schwingt nach. Ist das Gestein stichig oder enthält es »faule« Stellen, klingt es nicht nach. Der Klang erinnert an einen gesprungenen Tonkrug.

Weichgestein und Hartgestein

In Gadara und Alhara Alfoqa wurden zwei verschiedene Gesteine verwendet: Kalkstein und Basalt. Bei der Bearbeitung dieser Gesteine unterscheiden sich nicht nur die Werkzeuge, sondern auch die Vorgehensweise. Für das Erlernen der grundlegenden Handwerkstechniken eignet sich besonders ein weicher Kalkstein.

Weichgestein: Kalkstein

Kalkstein zählt zu den sog. Weichgesteinen. Er eignet sich daher sehr gut für die Herstellung von profilierten Oberflächen.



- Mit Ausnahme des Prelleisens und des Spitz-eisens werden alle Meißel mit dem Knüpfel geschlagen.

Hartgestein: Basalt

Der Basalt ist viel härter. Die Bearbeitung benötigt mehr Zeit. Details lassen sich deutlich schwieriger bearbeiten.

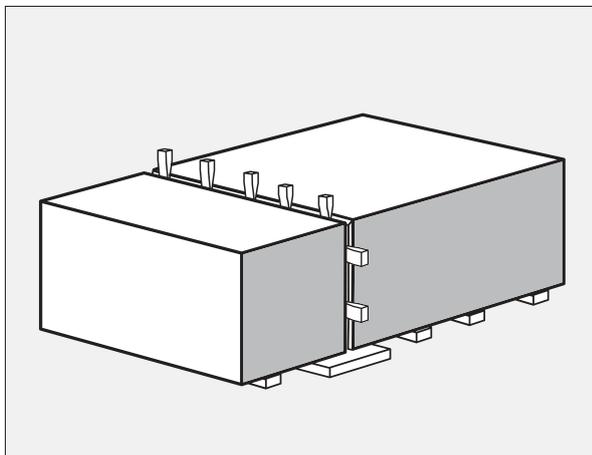
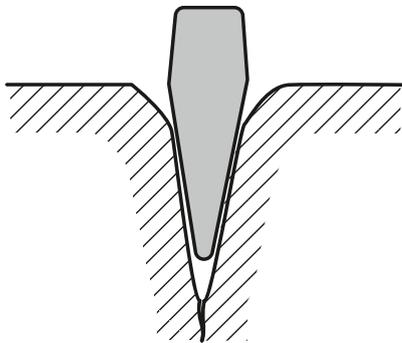


- Die Werkzeuge für Hartgestein bestehen meist aus Hartmetall. Die Werkzeugklingen sind deutlich schmaler.
- Zahn- und Scharriereisen werden bei der manuellen Bearbeitung von Hartgestein nicht verwendet.
- Alle Werkzeuge werden mit dem Hammer geschlagen.
- Im Gegensatz zum Kalkstein wird nach dem Spitzen des Bossens der Stockhammer verwendet.

Spalten von Rohmaterial

Große Rohblöcke werden für die Weiterverarbeitung geteilt. Dies kann mit Sägen in der Fabrik oder unter Zuhilfenahme von Keilen in Handarbeit geschehen. Die Form der Keile ist dabei weitgehend vom zu teilenden Stein abhängig. Spaltkeile verwendet man vorwiegend bei Sandstein, Patentkeile in kleineren Abmessungen bei Kalkstein, Marmor und Basalt.

Spaltkeil

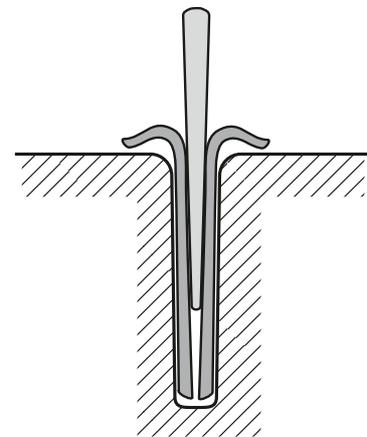


Bei einfachen Spaltkeilen muss vor dem Teilungsvorgang eine keilförmigen Nut (Schrot) angelegt werden. Damit wird die gewünschte Teilungsrichtung im Stein vorgegeben.

Es folgt das Einarbeiten der Keillöcher mit dem Spitzeisen.

Anschließend können die Keile eingesetzt werden. Die Anzahl der einzutreibenden Keile richtet sich nach der Spaltrichtung.

Patentkeil



Wenn ein Bohrhämmer zur Verfügung steht, wird das Patent-Spalten angewendet.

Mit dem Bohrhämmer werden runde Löcher gebohrt, in die die Patent-Keile mit den dazugehörigen Federn eingesetzt werden.

Wichtig ist, dass die Keile in gleichmäßigen Abständen gesetzt werden. Die Löcher, in die die Keile eingesetzt werden, müssen so tief sein, dass die Keilspitze nach unten genügend Platz hat und den Stein nicht berührt.

Arbeitsschritte beim Spalten



(1) Im ersten Schritt werden Löcher in regelmäßigen Abständen entlang der gewünschten Bruchlinie gebohrt und die Keile eingesetzt.



(2) Die Keile werden in mehreren Durchgängen nacheinander, jeweils mit einem Hammerschlag, in den Stein getrieben. Beim Schlag auf die Keile ist auf das Geräusch zu achten. Solange der Ton hell klingt und nachklingt, ist der Stein intakt. Sobald das Geräusch beim Schlag auf die Keile deutlich dumpfer klingt, ist der Stein gebrochen.



(3) Wenn die Keile richtig gesetzt sind und der Stein keine Störung aufweist, bricht der Stein senkrecht zur Oberfläche.



Spalten ohne Keile

Wenn keine Keile vorhanden sind, kann man den Stein auch auf drei Seiten mit dem Winkelschneider einschneiden. Anstelle von Keilen können in diesem Fall auch Scharriereisen verwendet werden. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass die Kanten oft unkontrolliert abplatzen.

Vom Randschlag zur Fläche

Die erste Fläche eines rohen Quaders muss besonders präzise und eben ausgeführt werden, da sie als Referenz für alle anderen Flächen des Steins dient. Die Arbeit an jeder Fläche beginnt mit dem Ziehen der Schläge oder Randschläge.

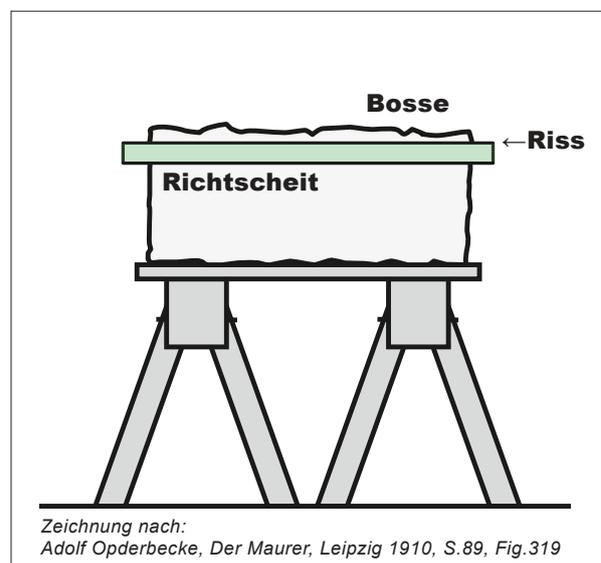
Riss und erster Randschlag

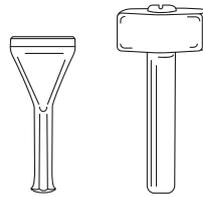
Für die Herstellung einer Fläche müssen zunächst klare Kanten geschaffen werden. Hierfür wird mit Hilfe des **Richtscheits** eine Linie angezeichnet: der **Riss**. Das oberhalb des Risses liegende Material wird als die **Bosse** oder der **Bossen** bezeichnet.

Zunächst kommt das **Prelleisen** (auch Spreng-eisen oder Setzer genannt) zum Einsatz. Nach dem groben Abschlagen des Bossens wird das restliche Material mit dem Prelleisen bis dicht oberhalb des Risses abgesprengt.

Tipp:

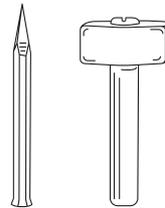
Zum Absprengen kann der Werkstein kurzzeitig auch so gedreht oder gekippt werden, dass mit dem Prelleisen nicht von vorn, sondern von oben gearbeitet wird (→ 1). So lässt sich anfangs deutlich leichter mit dem Prelleisen arbeiten.





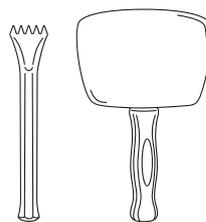
(1) Das **Prelleisen** wird auf dem Riss aufgesetzt. Dann wird der Bossen mit einem kräftigen Schlag abgeschlagen.

Vermieden werden sollte, dass hierfür mehr als ein Schlag benötigt wird. Wenn der Bossen sehr hoch ist, kann dies auch in mehreren Schritten geschehen. In diesem Fall wird der Bossen zunächst 1 cm über dem Riss abgesprengt.

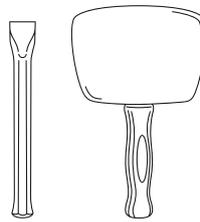


(2) Nachdem der Stein wieder gedreht wurde, wird entlang der Längsseite eine Bahn mit dem **Spitzeisen** freigespitzt.

Die besonders gefährdeten Ecken werden mit dem kleinen Schlageisen, dem sogenannten **Beizeisen** freigearbeitet.

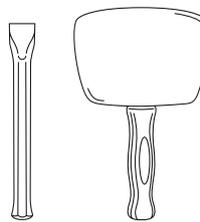


(3) Im nächsten Schritt wird die gespitzte Bahn mit dem **Zahneisen** in doppelter Breite des Schlageisens eingebnet und erstmals mit dem Richtscheit überprüft. Unebenheiten, auf denen die Latte »tanzt«, werden nachgearbeitet.



(4) Wenn die Kante gleichmäßig gezahnt und gerade ist, kann der Randschlag mit dem **Schlageisen** gezogen werden. Es ist darauf zu achten, dass das Schlageisen nicht unter den angezeichneten Strich gerät.

Beim Arbeiten der Randschläge setzt der Steinmetz Hieb an Hieb, bis etwa 5 cm vor die gegenüberliegende Ecke. Damit die Ecke nicht abbricht, ändert er die Richtung und vollendet den Randschlag von der gegenüberliegenden Ecke ausgehend. Bei der Kontrolle mit dem Richtschieit werden Unebenheiten mit einem Bleistift markiert und mit dem Schlageisen eingeebnet.



(5) Der Randschlag wird mit dem **Richtschieit** kontrolliert. Bereiche die noch zu hoch sind, werden mit einem Bleistift markiert und nachgearbeitet.

Überprüfen des Randschlags

Der Randschlag wird von der Seite kontrolliert. Der unten abgebildete Randschlag (rot) ist noch sehr uneben. Das Gestein über der angezeichneten Linie muss daher noch solange nachgearbeitet werden, bis kein Gestein mehr übersteht und das Richtscheit flach aufliegt.

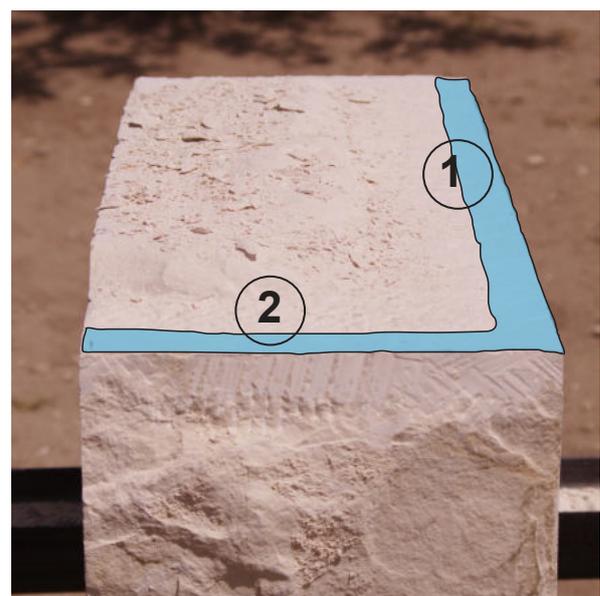


Zweiter Randschlag

Der zweite Randschlag wird an einer der beiden kurzen Seiten ausgeführt.

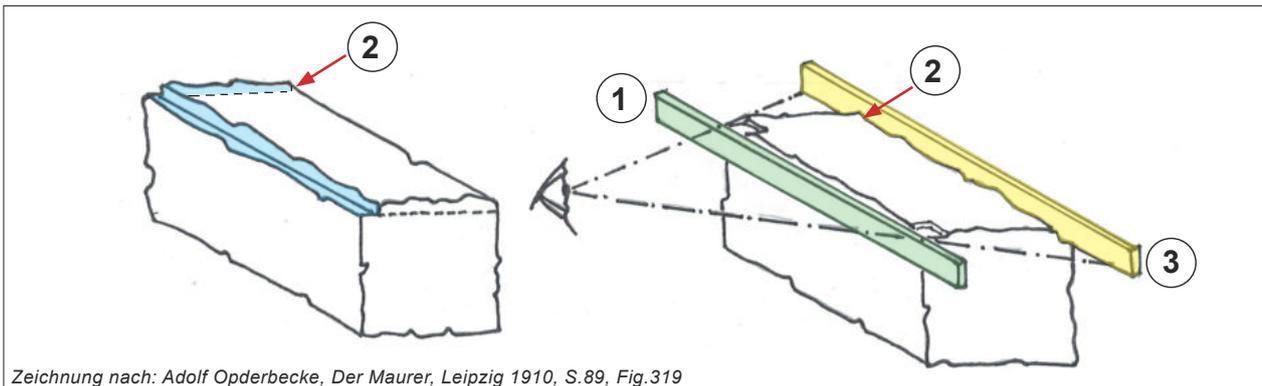
Nach dem ersten Randschlag (1) wird ein zweiter Randschlag (2) rechtwinklig angeschlossen. Er wird mit dem **Richtscheit** angezeichnet und verbindet eine Ecke des ersten (fertigen) Randschlags (1) mit dem tiefsten Punkt auf dieser Seite des Steins. Wichtig ist dabei, dass die Ecke des ersten Randschlags nicht verändert wird.

Der weitere Arbeitsablauf entspricht dem des ersten Randschlags.



Dritter Randschlag

Sind zwei Randschläge und drei Ecken vorhanden, kann die Höhe des dritten Randschlags ermittelt werden. Um diesen Randschlag auf der gegenüberliegenden Seite ziehen zu können, muss man wissen, wo die vierte Ecke der späteren Fläche liegt.

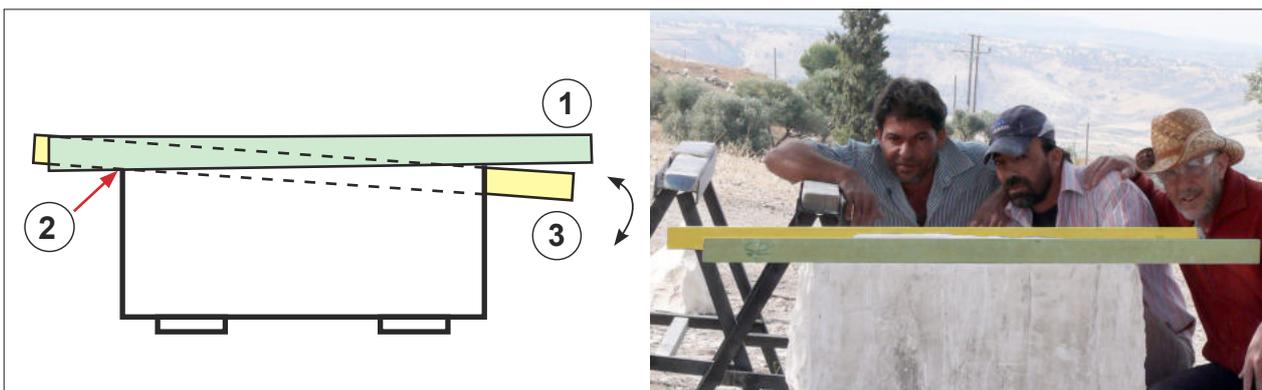


Zeichnung nach: Adolf Opderbecke, *Der Maurer*, Leipzig 1910, S.89, Fig.319

Um die Höhe des letzten Eckpunkts zu bestimmen, wird dieser „**ersehen**“: Dazu setzt man ein Richtscheit auf den ersten Schlag (1: grün) und visiert ein zweites Richtscheit (gelb) an, das auf der Rückseite des Werkstücks angehalten wird. Eine Seite des gelben Richtscheits wird dabei an das Ende des zweiten Randschlags angehalten

(2: roter Pfeil) und die andere Seite (3) wird solange hoch oder runter bewegt, bis beide Hölzer parallel sind.

Dann wird der dritte Schlag angezeichnet und gearbeitet. Die Ausführung des dritten Schlags erfolgt in der gleichen Weise wie die Schläge zuvor.



Waren die ersten beiden Schläge noch relativ beliebig in ihrer Anordnung zueinander, so kommt es jetzt auf große Genauigkeit an. Mit dem dritten Randschlag entsteht eine definierte Fläche. Nur wenn die gegenüberliegenden Randschläge parallel sind, ist auch die Fläche eben.

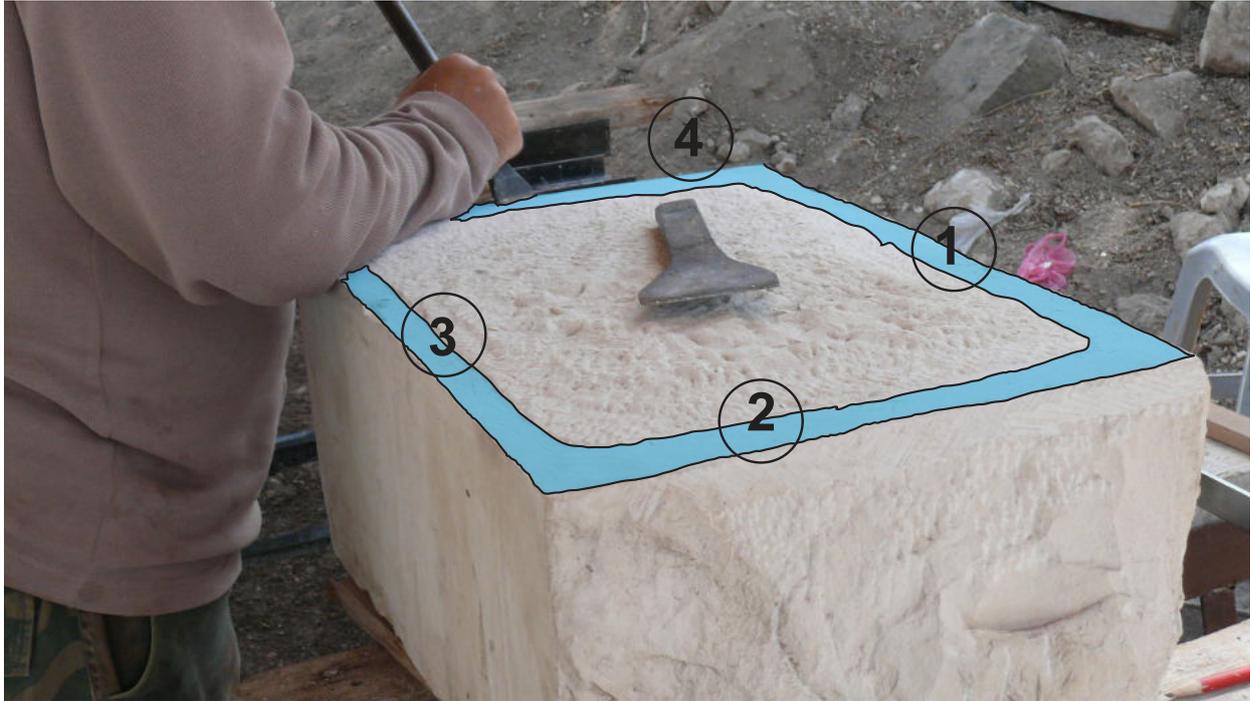
Wichtig: Legt man den vierten Eckpunkt zu hoch oder zu niedrig an, so wird die gesamte erste Fläche windschief.

Der dritte Randschlag ist erst fertig, wenn beide Richtscheite genau parallel liegen. In der Regel muss an diesem Randschlag oft nachgearbeitet werden.

Wichtig: Der zweite Randschlag darf an den Enden nicht verändert werden!

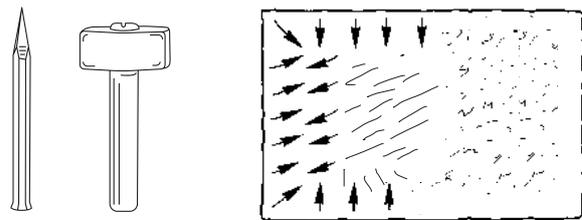
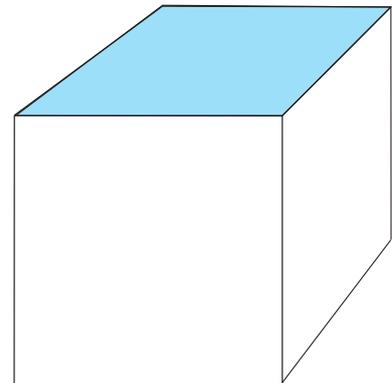
Vierter Randschlag

Liegen die Richtscheite nach dem Arbeiten des dritten Randschlags genau parallel, so verbindet man die Eckpunkte des zweiten und dritten Randschlags per Riss miteinander und zieht den vierten Randschlag.



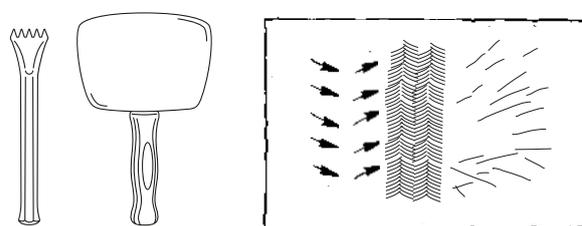
Die Fläche

Die Präzision der Randschläge entscheidet über die Qualität der Fläche. Sind die Schläge hohl oder kippen sie nach innen, so wird die ganze Fläche hohl. Haben die Schläge einen Buckel, wird die Fläche rund. Eine gute Vorarbeit verkürzt den nachfolgenden Arbeitsschritt und entscheidet über die Qualität des Werkstücks.

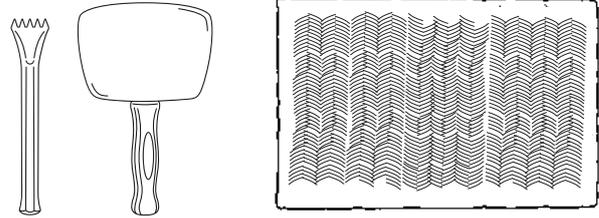


Nachdem die Randschläge überprüft wurden, wird der überstehende Bossen mit einem **Spitzeisen** abgetragen.

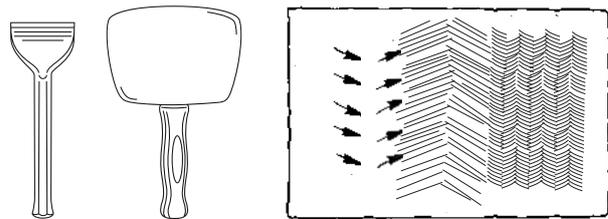
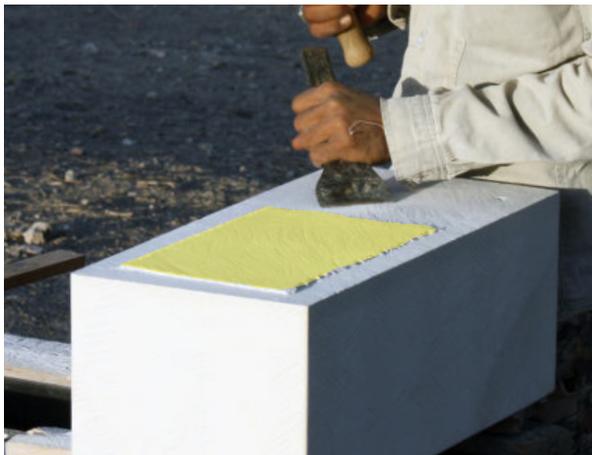
Wichtig: Man spitzt immer vom Bossen herunter (von oben nach unten). So platzt das Gestein besser ab und das Spitzeisen bleibt nicht im Stein stecken.



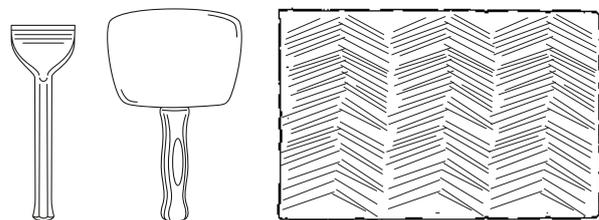
Wenn der Bossen auf eine Höhe von 1 cm herunter gespitzt wurde, kann die Fläche mit dem **Zahneisen** nachbearbeitet werden. Das Zahneisen wird stets diagonal zur Arbeitsrichtung geführt.



Mit dem **Zahneisen** wird die Fläche solange bearbeitet, bis sie nur noch 1 bis 2 mm höher als die Randschläge ist. Mit dem Zahneisen wird immer abwechselnd von einer Seite zur anderen gearbeitet.



Mit dem **Scharriereisen** wird die Fläche anschließend solange bearbeitet, bis sie vollständig eingeebnet ist. Auch hier wird immer wieder die Richtung des Scharriereisens geändert. Erfahrungsgemäß muss die Fläche meist mehrmals vollständig überarbeitet werden.



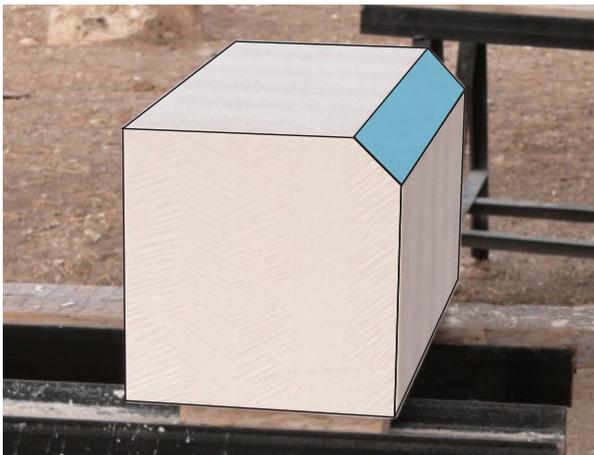
Am Ende wird die Fläche nochmals vollständig überarbeitet. Hierbei können auch die Randschläge mit einbezogen werden.

Grundformen der Steinprofile

Einfache Profilelemente lassen sich zu mehrgliedrigen komplexen Profilformen zusammensetzen. Profilierte Werksteine gliedern optisch den Baukörper und übernehmen zugleich funktionale Aufgaben.

- Tür-, Fenstergewände und Stürze dienen der Einfassung von Fenster und Türen
- Gurt- oder Traufgesimse leiten Regenwasser von der Fassade weg
- Sockelprofile bilden einen optischen Übergang zwischen Sockel und der darüber anschließenden Außenwand.

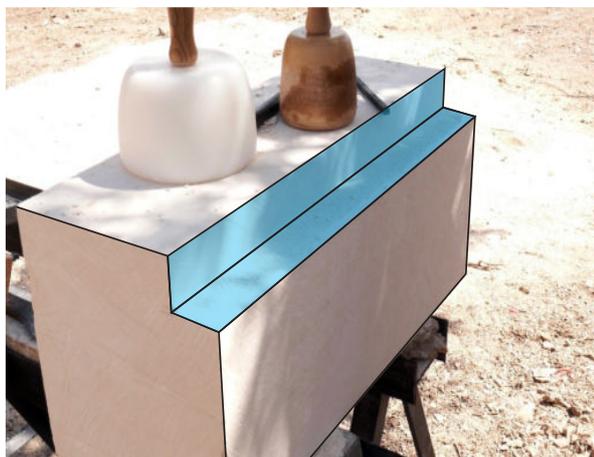
Grundelemente für die Herstellung von komplexeren Profilen



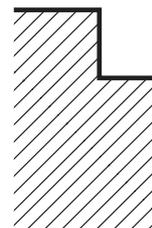
Die Fase



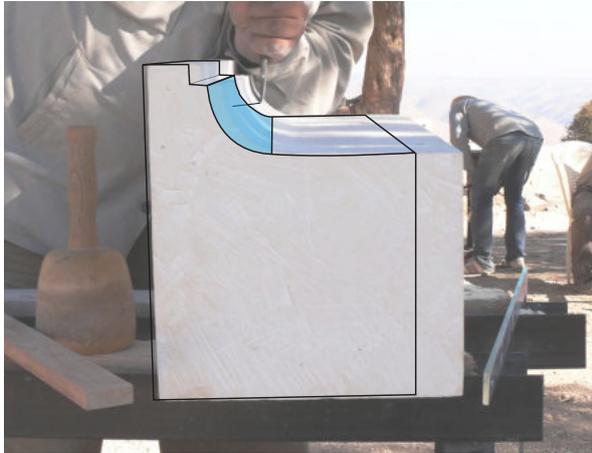
Die Fase ist das einfachste Glied der Profigliederung und oft eine Hilfsfläche, die nötig ist, um komplexere Profilarbeiten auszuführen. Die Fase kann in jedem Winkel angelegt werden.



Der Falz



Ein Falz ist ein schmales Profil, das sich aus zwei senkrecht zueinanderstehenden Flächen zusammensetzt. Der Falz dient oft als Zwischenschritt für andere Profile



Die Kehle



Kehlen sind gerundete Hohlformen mit unterschiedlichen Radien. Man findet sie zum Beispiel bei Gesimsen, Gewänden, Säulenbasen oder auch Kapitellen. Das Bild zeigt eine Viertelkehle, die in einer ebenen Fläche ausläuft.



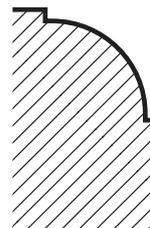
Die Abrundung



Die Abrundung einer Kante geschieht durch viele kleine Fasen. Abschließend wird parallel zum Verlauf des Profils die Rundung mit dem Scharriereisen nachgearbeitet.



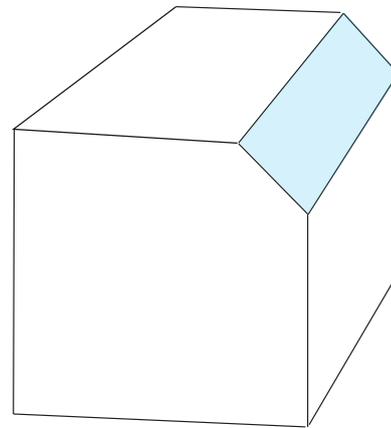
Der Viertelstab/Rundstab



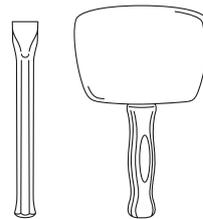
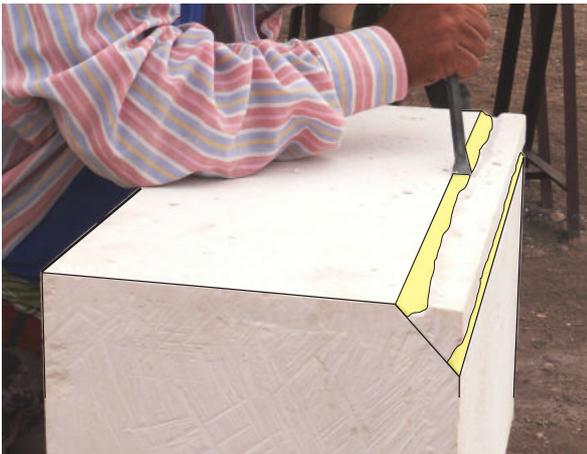
Im Vergleich zur Abrundung ist der Viertelstab deutlich durch andere Profilglieder, beispielsweise kleine Stege abgegrenzt.

Die Fase

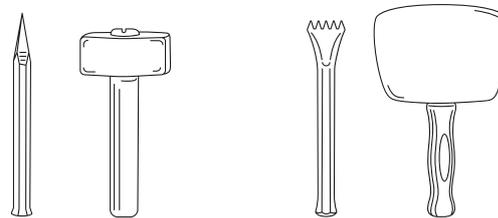
Die Fase ist ein Profil, das aus einer geraden Fläche besteht. Die Fase ist meist ein Hilfsprofil für die Herstellung komplizierterer Profile.



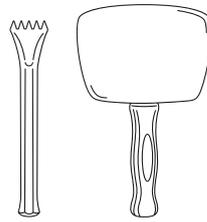
Herstellung einer Fase



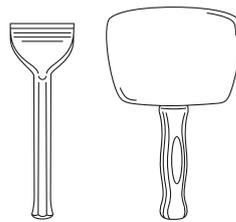
(1) Die Herstellung einer einfachen Fase beginnt damit, dass mit dem **Beizeisen** ein kleiner Randschlag gezogen wird.



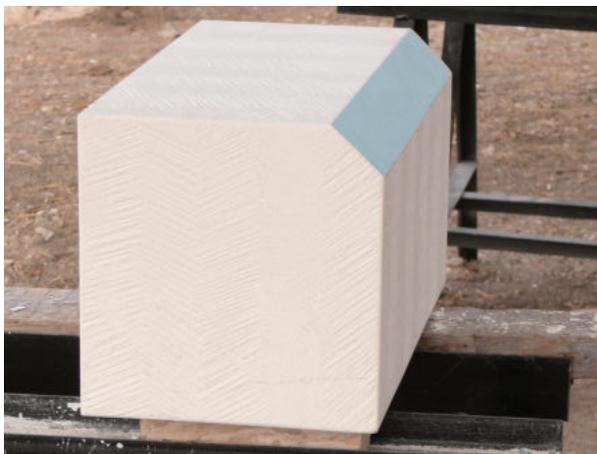
(2) Anschließend wird mit **Spitz- und Zahneisen** das Gestein bis kurz über die Randschläge abgearbeitet. Wenn der Stein so gedreht werden kann, dass die Fläche oben ist, arbeitet es sich viel einfacher.



(3) Im nächsten Schritt werden die Randschläge mit dem **Zahneisen** miteinander verbunden.



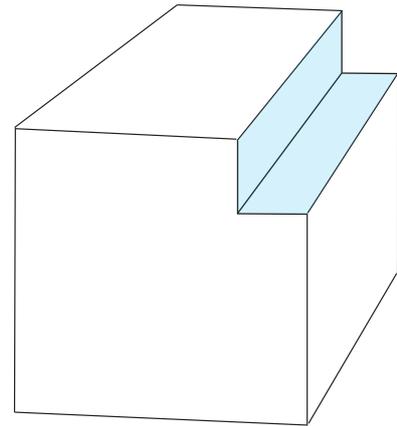
(4) Wenn die gezahnte Fläche nur noch weniger als 2 mm hoch ist, können die Randschläge mit einem breiten **Scharriereisen** verbunden werden.



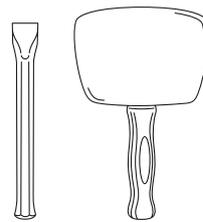
(!) Alle Profile werden so gearbeitet, dass die angezeichneten Bleistift-Linien bis zum Abschluss der Arbeiten an einem Profil sichtbar bleiben.

Die Falz

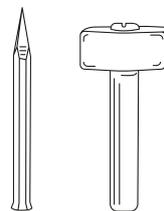
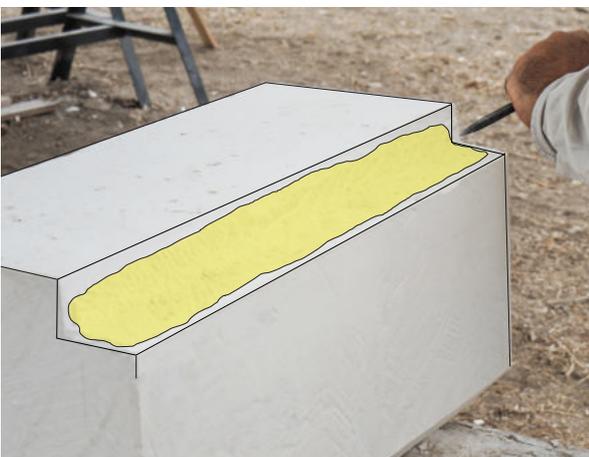
Die Falz besteht aus zwei rechtwinklig zueinander stehenden Flächen. Die Falz muss oft als Zwischenschritt für die Herstellung anderer, komplexerer Profile ausgearbeitet werden. Oft bleibt von einer fertigen Falz nur die Schnittkante der waagerechten und der senkrechten Fläche übrig.



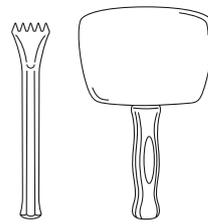
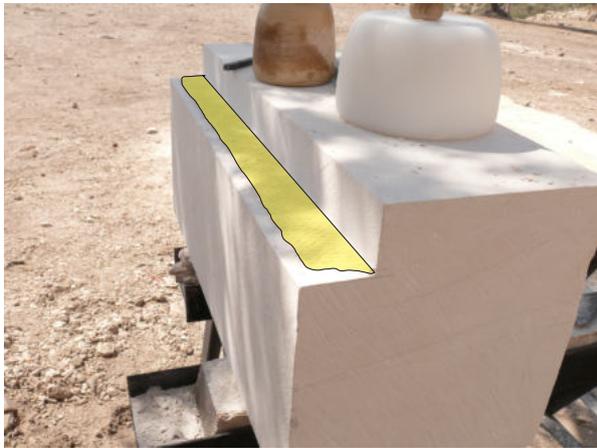
Herstellung einer Falz



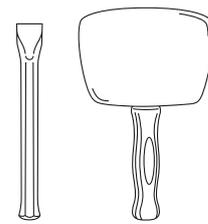
(1) Wie bei der Fasse müssen die Kanten zunächst mit dem **Beizeisen** freigelegt werden.



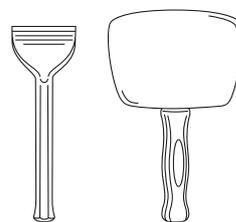
(2) Nachdem die Falz grob mit Spitz- und Zahneisen ausgearbeitet wurde, werden an den Kanten Randschläge angelegt. Diese werden so weit verbreitert, bis sich die Flächen treffen.



(3) Wenn die Randschläge ringsherum fertig sind, werden beide Flächen mit dem Zahneisen eingeebnet



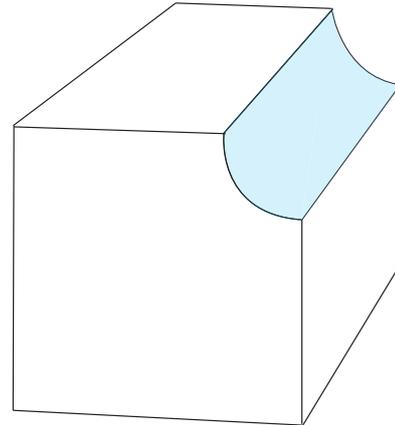
(4) Anschließend müssen die Randschläge gegebenenfalls mit dem Schlageisen nochmals überarbeitet werden. Besonders wichtig ist, dass der Schnittpunkt der Flächen (rote Linie) mit dem Scharriereisen exakt und gerade hergestellt wird.



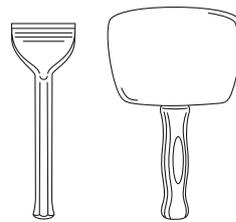
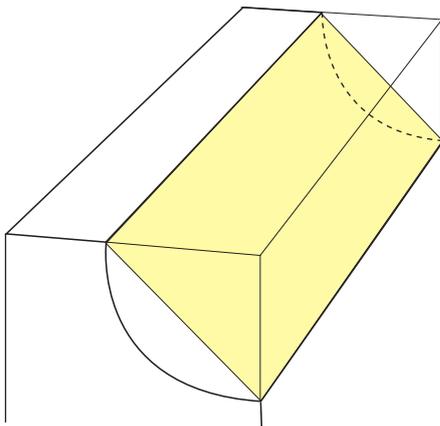
(5) Abschließend werden die Flächen mit dem Scharriereisen überarbeitet und der Schnittpunkt der Flächen begradigt.

Die Kehle

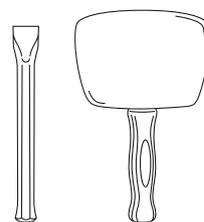
Die Kehle besteht aus einer konkav (nach innen) gebogenen Fläche. Die Herstellung dieses Profils benötigt einige Zwischenschritte.



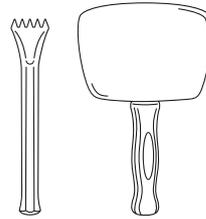
Herstellung einer Kehle



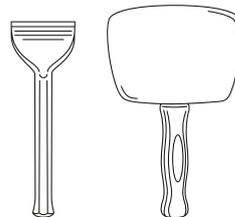
(1) Die Arbeiten an einer Hohlkehle beginnen oft mit einer → **Fase**, die die Ober- und Unterkante der Kehle verbindet. Bei der Fase kommt es in diesem Fall nicht auf eine ebene Fläche an, sondern auf exakte Kanten.



(2) Im zweiten Schritt werden die Kanten mit einem Beizeisen freigelegt und „kleine“ Randschläge gearbeitet.

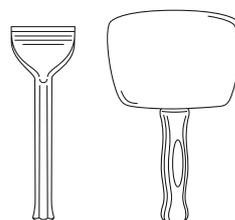


(3) Mit dem Zahnbeizeisen wird gleichmäßig und schrittweise die Kehle ausgearbeitet. Mit diesem Werkzeug sollten immer nur wenige Millimeter abgetragen werden, da sonst die Gefahr besteht, dass zu viel Gestein weggenommen wird.



(4) Wenn der Bossen der gezahnten Kehle nur noch wenige Millimeter hoch ist, wird die Kehle mit dem Scharriereisen von oben nach unten nachgeschlagen.

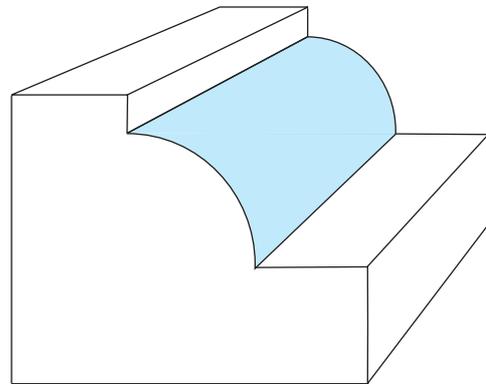
Auch hier sollte vorsichtig und schrittweise vorgegangen werden.



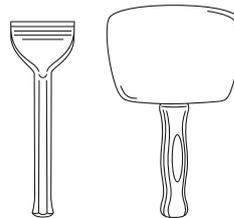
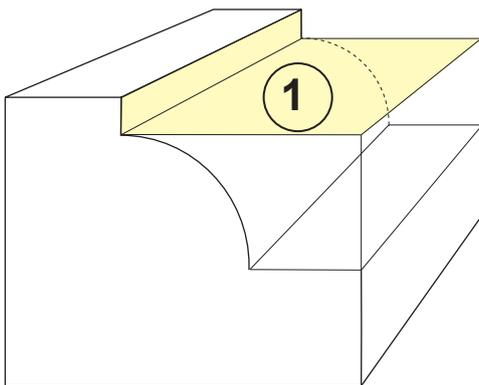
(5) Jedes Mal, wenn man von einer zur anderen Seite durchgearbeitet hat, sollte man mit dem Richtscheit die Höhe des überstehenden Gesteins überprüfen.

Der Viertelstab/Rundstab

Der Rundstab besteht aus einer konvex gebogenen Fläche. Die Herstellung dieses Profils benötigt einige Zwischenschritte und erfordert deutlich mehr Arbeitsschritte als die Herstellung einer Kehle.

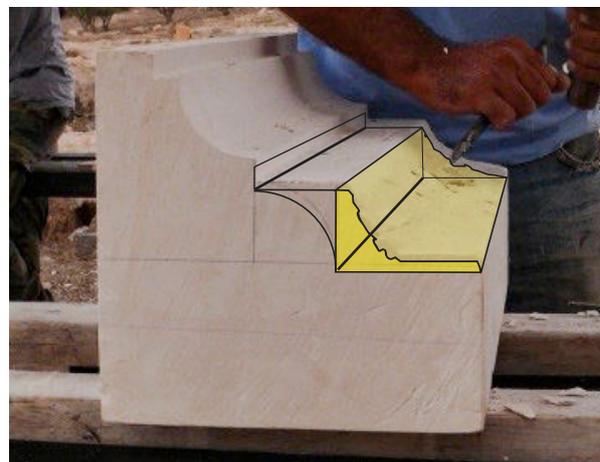
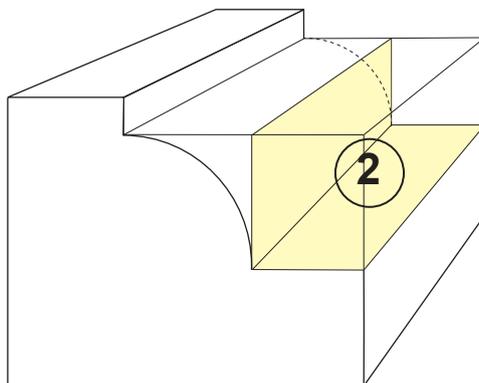


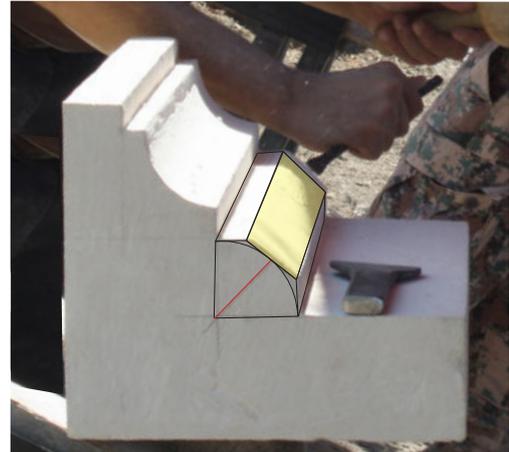
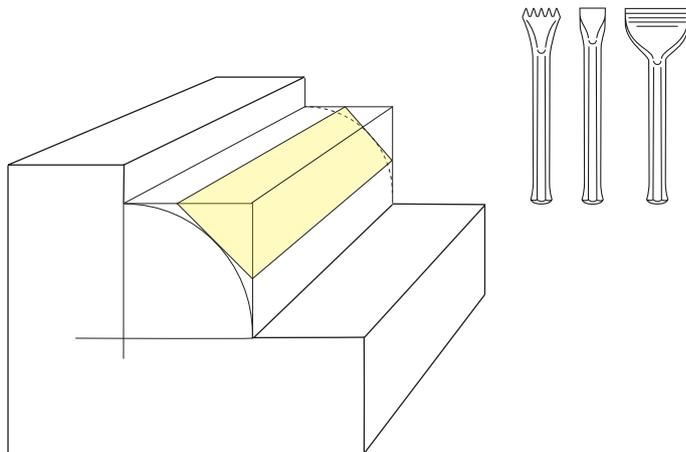
Herstellung eines Rundstabs



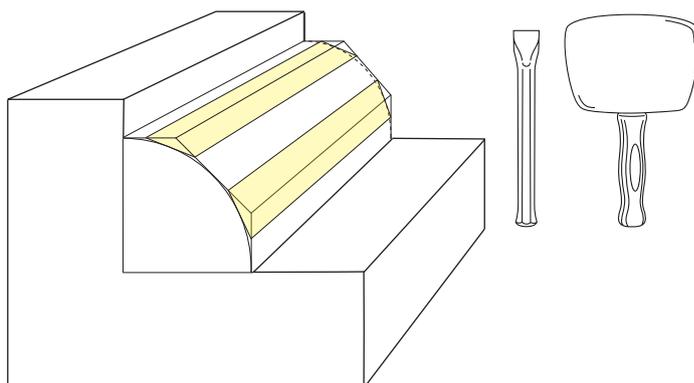
(1) Wie bereits bei den vorherigen Profilen, müssen zunächst die Kanten des Profils definiert werden. Hierfür müssen zwei Falze gearbeitet werden.

(2) Welche der beiden Falze, **(1)** oder **(2)**, zuerst hergestellt wird, ist unerheblich. Wichtig ist nur, dass beide nacheinander und nicht gleichzeitig gearbeitet werden.



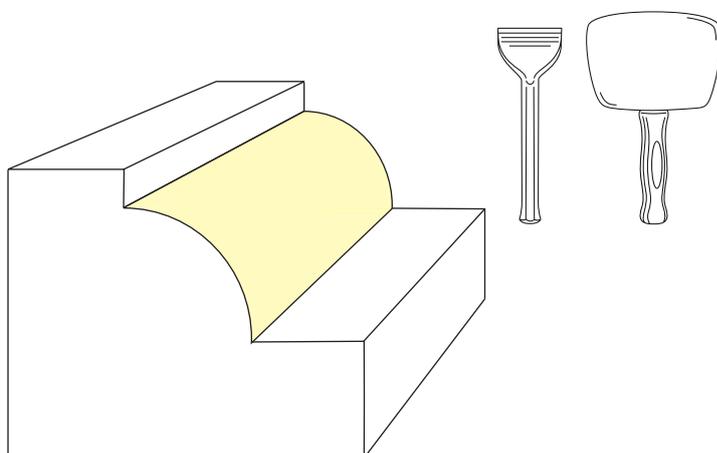


(3) Wenn die Kanten klar definiert sind, wird eine große Fase über das Profil gezeichnet und abgearbeitet. Die Fase berührt tangential die Mitte des Rundstabs.



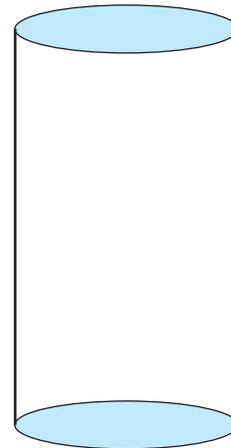
(4) Nach der ersten große Fase müssen (je nach Größe des Profils) noch weitere kleinere Fasen angezeichnet und abgearbeitet werden.

(5) Zum Abschluss wird die Rundung von oben nach unten mit dem Scharriereisen nachgearbeitet.

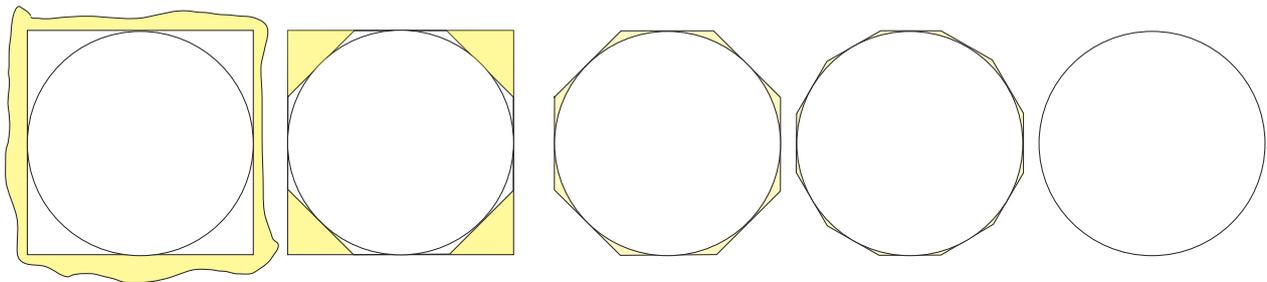


Vom Rundstab zur Säule

Die Säule ist ein lotrecht stehender Werkstein mit einer kreisrunden Grundfläche. Die folgenden Arbeitsschritte zeigen die Herstellung einer einfachen Säule. Der Zylinder ist gerade und besitzt an jeder Stelle den gleichen Durchmesser. Die meisten antiken Säulen verdicken sich in der Mitte, damit sie kräftiger aussehen. Ihre Herstellung ist deutlich aufwendiger.



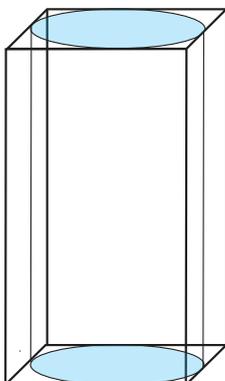
Vom Quadrat zum Kreis



Die zweidimensionalen Zeichnungen erklären das Prinzip wie aus einem Quadrat eine Kreis wird. Jede Line, die an einen Kreis angelegt wird, ist eine Tangente.

Bei der Herstellung einer Säule entspricht jede Tangente einer Fasse. Je größer der Durchmesser der Säule ist, je mehr Fasen müssen hergestellt werden.

Herstellung einer Säule

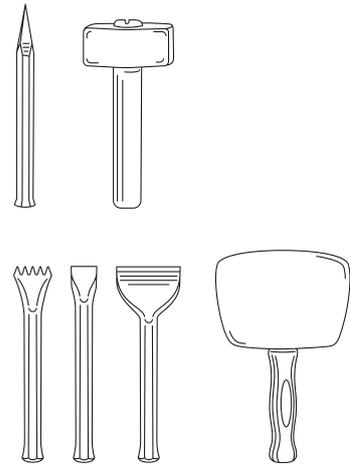
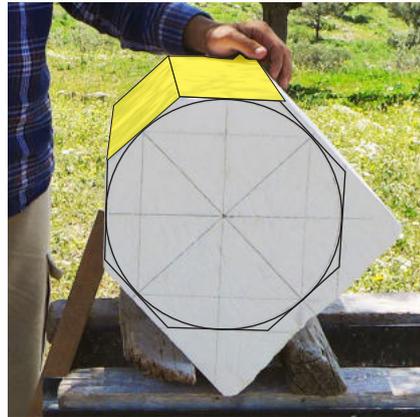
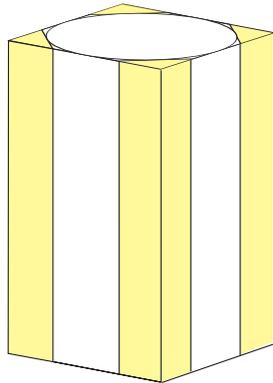


Wie bereits bei den vorherigen Profilen gezeigt wurde, müssen zunächst die äußeren Umriss der Säule definiert werden.

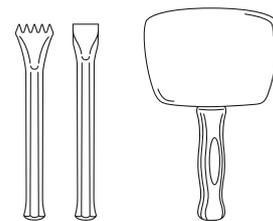
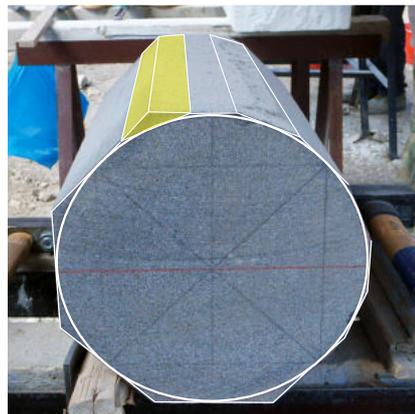
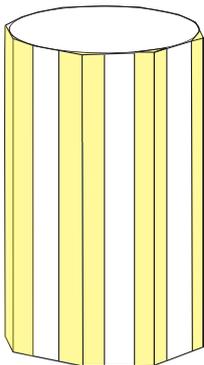
(1) Die Herstellung einer Säule (oder einer Säulentrommel) beginnt mit einem Quader, der die Höhe des Bauteils besitzt und auf dessen Ober- und Unterseite der Durchmesser der Säule angezeichnet werden kann.

Im Idealfall sind die Außenkanten des Quaders nicht größer als der Durchmesser der Säule.

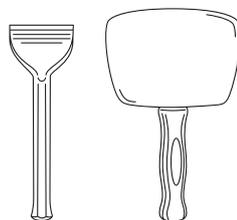
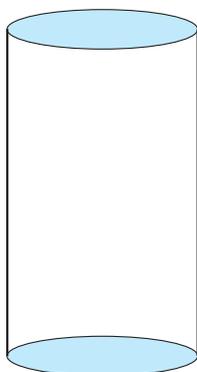
Die Säule wird im Liegen gearbeitet!



(2) Zunächst werden vier Fasen gearbeitet, sodass aus dem quadratischen Grundriss ein achteckiger Grundriss entsteht.



(3) Das überstehende Gestein wird durch acht kleinere Fasen abgearbeitet, sodass ein Werkstein mit einem sechzehnneckigen Grundriss entsteht.



(4) Je nach Durchmesser der Säule werden die vorangegangenen Arbeitsschritte so oft wiederholt, bis nur wenige Millimeter Stein überstehen.

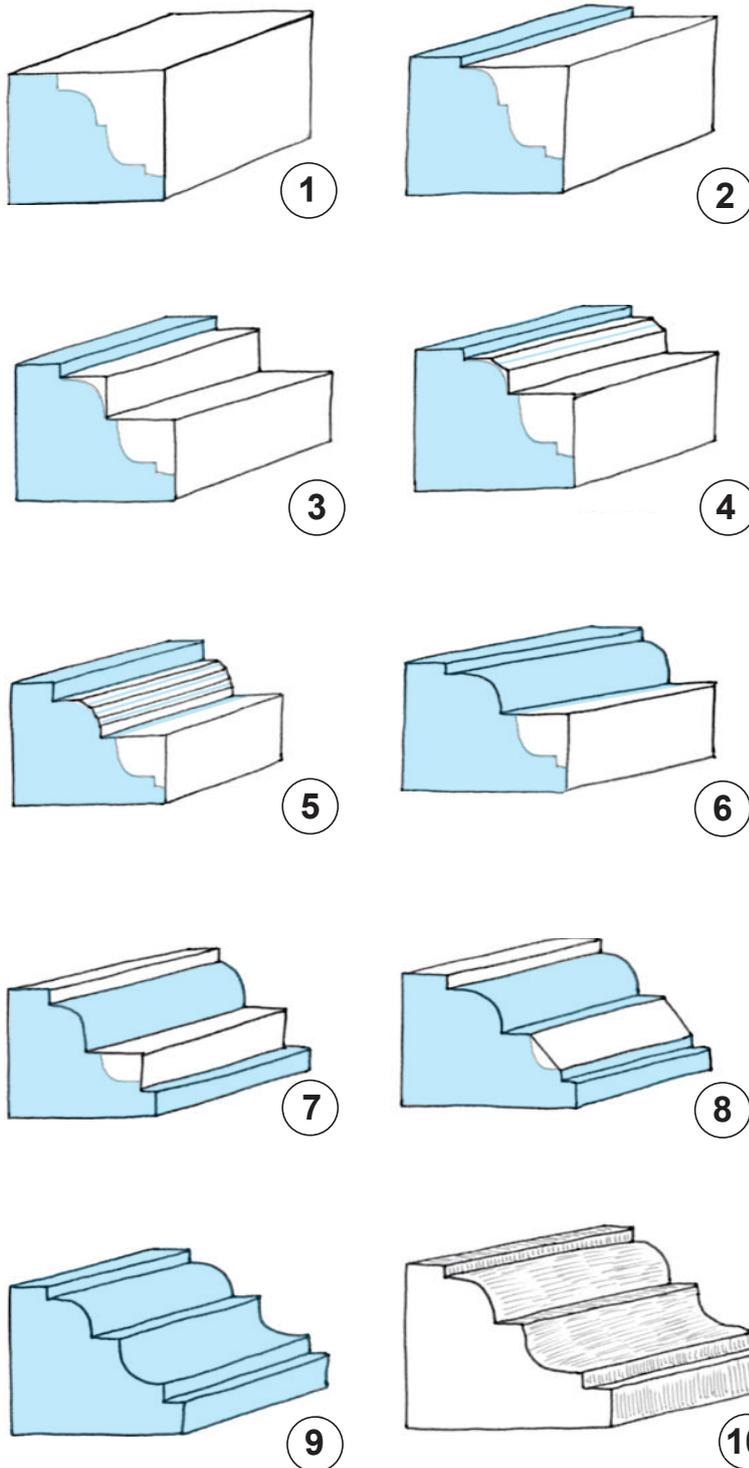
Am Ende wird die Fläche parallel zur Mittelachse mit dem Scharriereisen überarbeitet.

Profilabfolge

Profile bestehen in der Regel aus einzelnen Gliedern, die nacheinander hergestellt werden. Oft müssen viele der Grundprofile in Zwischenschritten hergestellt werden. Von einer Falz oder einer Fase bleiben am Ende meist nur eine Kante oder Linie übrig. Nur wenn diese Zwischenschritte ordentlich und genau ausgeführt werden, kann am Ende ein präzises Profil entstehen.



Die Bilder 1 bis 10 zeigen exemplarisch die Abfolge der Schritte, die für die Herstellung eines einfachen, aus Hohlkehle und Viertelstab bestehenden Profils nötig sind.



Zunächst muss das Profil sauber an den beiden Kopfseiten angezeichnet werden.

Viele der angezeichneten und ausgearbeiteten Fasen und Falze sind am Ende nicht mehr sichtbar, aber sie definieren die Kanten und die Übergänge der einzelnen Profiglieder.

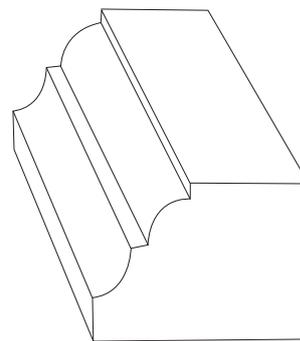
Die Präzision der einzelnen Teiglieder ist entscheidend für das Endresultat.

Es ist durchaus möglich, an verschiedenen Teilprofilen gleichzeitig zu arbeiten.

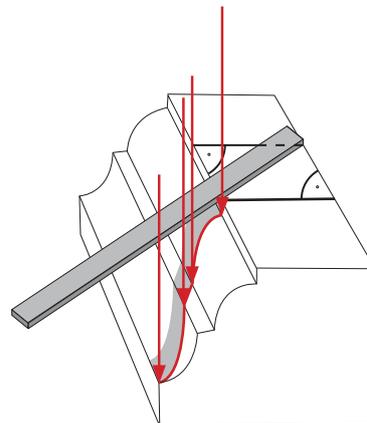
Zum Abschluss werden alle Teiglieder nochmals mit dem Scharrier- und dem Schlageisen überarbeitet.

Abgewinkelte Profile – äußere Profil-Wiederkehr

Profilläufe können gerade, gebogen, rund oder um innere und äußere Ecken geführt sein. Sie können »totlaufen« (gegen eine ebene Fläche stoßen) oder sich verkröpfen (um einen Wandvorsprung herumgeführt sein).



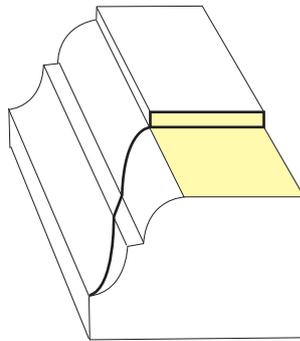
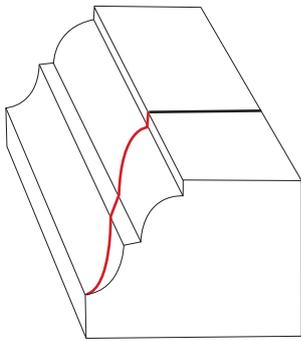
Für die Herstellung eines nach außen abgewinkelten Profils wird zunächst nur auf einer Seite ein durchgehendes Profil ausgearbeitet.



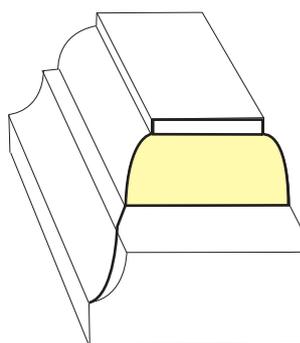
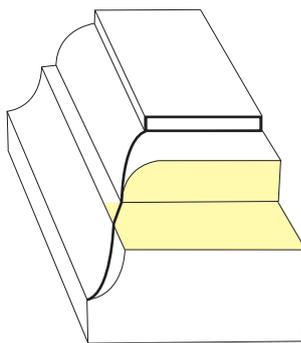
Auf dem durchlaufenden Profil benötigt man zunächst eine Gehrungslinie, also die Linie, an der das Profil abknicken soll. Das Anzeichnen dieser Linie ist deutlich schwieriger als man annehmen könnte, da die Linie über verschiedene Profillieder verläuft. Die einfachste Methode funktioniert mit Hilfe des Schattenwurfs eines Richtscheits.

Nachdem man den Anfang- und den Endpunkt der Gehrungslinie angezeichnet hat, legt man ein Richtschieß so an den Stein an, dass der Schatten des Richtscheits beide Punkte miteinander verbindet. Mit einem Bleistift kann man den Schattenverlauf anschließend nachzeichnen. Idealerweise führt man diesen Arbeitsschritt an einem sonnigen Tag aus. Alternativ kann auch ein elektrischer Strahler verwendet werden.

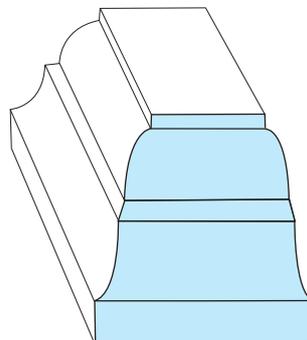
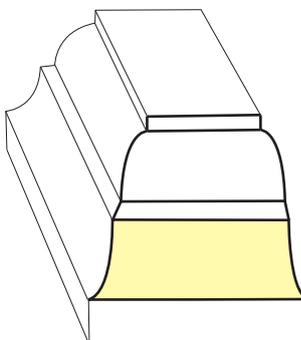
Arbeitsschritte für abgewinkelte Profile



Nachdem die Gehrung (rot) angezeichnet ist, müssen zunächst mehrere Falze (gelb) gearbeitet werden. Sie dienen jeweils der Herstellung der einzelnen Profilglieder.



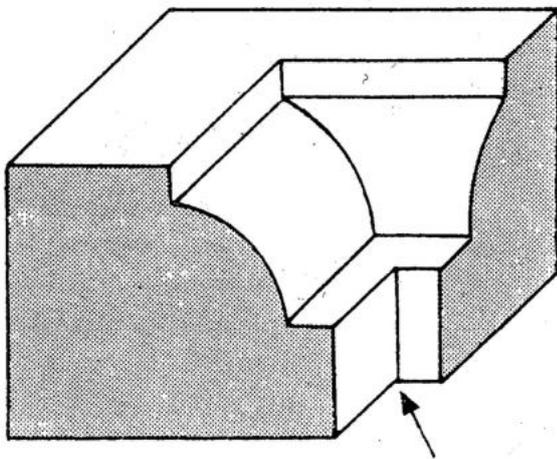
Eine besondere Herausforderung ist, dass die Zwischenschritte der Profile (Hilfsprofile wie Fasen und Falze) nur auf der unprofilierten Seite angezeichnet werden können. Daher ist hier die Arbeit mit dem Winkel besonders wichtig.



Wenn alle Teilprofile vollendet sind, wird das gesamte Profil nochmals mit dem Scharriereisen überarbeitet und mit dem Winkel überprüft.

Abgewinkelte Profile – innere Profil-Wiederkehr

Profile von Gesimsen, besonders aber Fenster- und Türstürze können eine innere Wiederkehr besitzen, das heißt, die Profile verlaufen um eine Innenecke herum. Ihre Herstellung ist deutlich komplizierter, da sie nur schwer angezeichnet werden können. Die Arbeit bedarf daher sehr vieler Zwischenschritte.



Es macht einen großen Unterschied, ob das Profil einmal geknickt ist (so wie in der Zeichnung) oder zweifach (Foto). Eine zweifache Wiederkehr findet sich oft bei Stürzen von Fenstern und Türen.



Die einfache Wiederkehr kann an beiden Seiten angezeichnet werden. Bei einer zweifachen Wiederkehr muss das mittlere Profil ohne Schablone konstruiert werden.



Die Arbeit an nach innen abgewinkelten Profilen erfolgt mit Hilfe von **Schablone, Kontraschablone, Winkel und Maßband.**



Die Abfolge der Arbeiten muss sorgfältig überlegt werden. Meist müssen die einzelnen Profiglieder an allen drei Seiten gleichzeitig gearbeitet werden.



Auch hier ist die Präzision der Zwischenschritte entscheidend für das Endresultat.



Zum Abschluss der Arbeiten müssen die Profile mit der Konterschablone überprüft und gegebenenfalls nachgearbeitet werden.

**MAUERWERKE
UND
MÖRTEL**

Mauerwerke

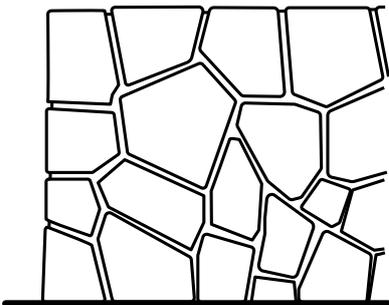
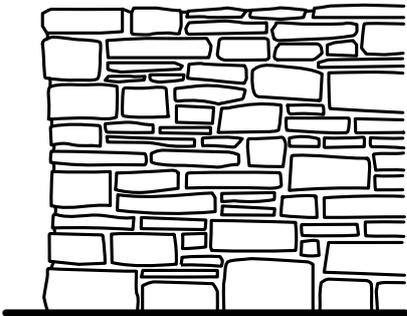
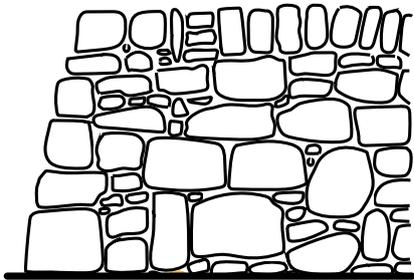
Ein Mauerwerk ist ein massives Bauteil und konstruktives Element eines Bauwerks. Aufgrund der Materialien und Bauweisen werden verschiedene Mauerwerkstypen unterschieden.

Die ältesten Mauerwerke wurden aus Lehm oder Feldsteinen errichtet. Später folgten Mauerwerke aus behauenen Naturstein und gebrannten Ziegeln. In der modernen Bautechnik wird das Mauerwerk zunehmend durch gegossene Betonwände ersetzt.

Mauerwerksart	Besonderheiten	Verwendung
Trockenmauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – unbehauene Bruchsteine unterschiedlicher Größe – ohne Mörtel gebaut – unregelmäßige Fugen – kann keine statischen Kräfte aufnehmen (kann aber eine stützende Funktion übernehmen) – trägt nur sich selbst – ohne festes Fundament 	<ul style="list-style-type: none"> – Terrassenmauern am Hang – Umgrenzung von Grundstücken – Gartenmauern
Bruchsteinmauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – unbehauene Bruchsteine – mit Mörtel verbaut – regelmäßige waagerechte und senkrechte Fugen – kann statische Kräfte aufnehmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Terrassenmauern am Hang – Umgrenzung von Grundstücken – einfache Gebäude (Scheunen, Nebengebäude oder einfache Wohngebäude)
Zyklopenmauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – große, vieleckige Steine – unregelmäßige, schräge oder diagonale Fugen – sehr massives Mauerwerk – besonders effizienter Umgang mit Naturstein – erfordert einen sehr hohen Arbeitsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> – Stadtmauern – Befestigungsanlagen – Sockel – heute nur noch selten verwendet

Zeichnung

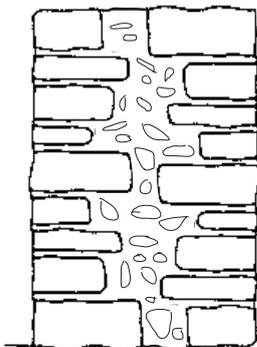
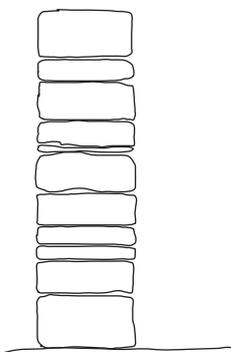
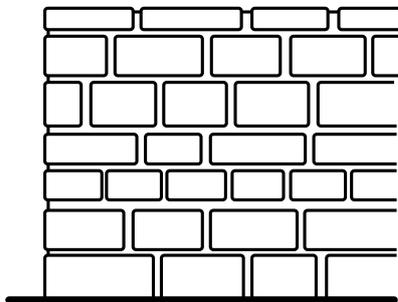
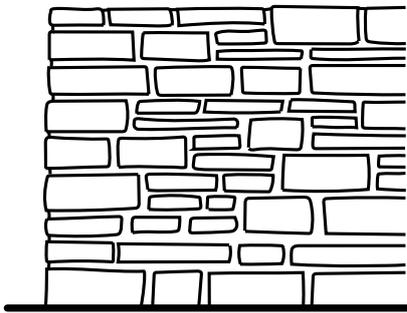
Foto



Mauerwerksart	Besonderheiten	Verwendung
Unregelmäßiges Schichtmauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – weitgehend regelmäßig zugehauene Steine – größere Steine können über mehrere Lagen greifen – Lagen sind erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> – hohe statische Ansprüche – Sockelmauerwerk – Wände – Mauerwerk von Gebäuden
Regelmäßiges Schichtmauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – die einzelnen Lagen sind unterschiedlich hoch – Lagerfuge ist durchlaufend – regelmäßiges Fugenbild 	<ul style="list-style-type: none"> – besonders hohe statische Ansprüche – Gebäude – Brücken – Gewölbe – Stützmauern – Pfeiler
Einschaliges Mauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – die Steine sind alle gleich breit entsprechen der Dicke der Mauer – statisch instabil – meist aus sehr großen Werksteinen 	<ul style="list-style-type: none"> – meist nur kleine Mauern – Hof- oder Umfassungsmauern – kleine Stützmauern
Zweischaliges Mauerwerk	<ul style="list-style-type: none"> – besonders hohe statische Ansprüche – sehr effizient, da das Füllmauerwerk leicht hergestellt werden kann – Mauerbreiten sind variabel 	<ul style="list-style-type: none"> – Gebäude – Brücken – Stützmauern – Pfeiler

Zeichnung

Foto



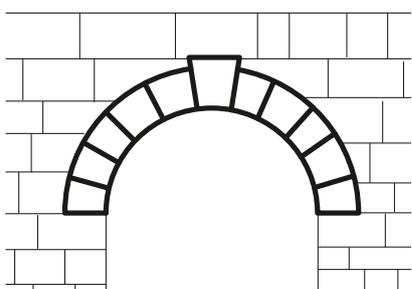
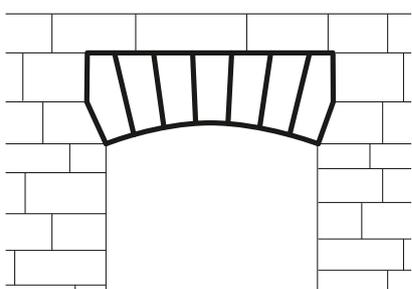
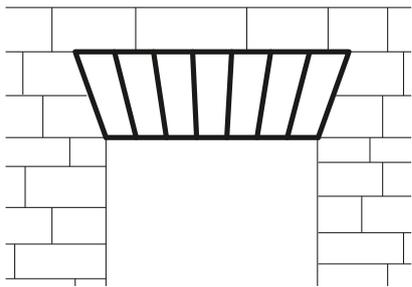
Werksteinbögen

Bei Natursteinmauerwerken kann der obere Abschluss von Fenster- oder Türöffnungen mit keilförmig gearbeiteten Werksteinen ausgeführt werden. Die Lagerfugen der Bogensteine müssen dabei senkrecht zur Krafrichtung angeordnet werden. Die präzise Ausführung der Lagerfugen der Bogensteine ist für eine optimale Abtragung der Kräfte erforderlich.

Bogenarten	Besonderheiten	Verwendung
Scheitrechter Bogen	<ul style="list-style-type: none"> – horizontale Anordnung der Bogensteine – sehr hoher seitlicher Schub – sehr anspruchsvoll in der Herstellung – kleinste statische Probleme können zum Einsturz oder Verrutschen der Steine führen 	<ul style="list-style-type: none"> – seit der Antike verbreitet – Kirchen, repräsentative Gebäude – scheinrechte Ziegelstürze sind weit verbreitet
Segmentbogen	<ul style="list-style-type: none"> – die Bogenform ist ein Ausschnitt eines Kreises – die Höhe beträgt $1/6$ bis $1/12$ der Spannweite – um so geringer die Höhe, um so höher ist der seitliche Schub – Fugen verlaufen radial 	<ul style="list-style-type: none"> – Fenster- und Türöffnungen – Gewölbe – Kappendecken
Rundbogen	<ul style="list-style-type: none"> – der Bogen besteht aus einem Halbkreis – der Schub wird senkrecht in das Mauerwerk abgeleitet – Rundbögen sind deutlich höher als Segmentbögen und damit konstruktiv aufwendiger 	<ul style="list-style-type: none"> – Fenster, Türen – Portale – Gewölbe – Brücken

Zeichnung

Foto



Mauerwerke in Gadara

Die Mauerwerke in Gadara und Alhara Alfoqa unterscheiden sich sehr stark. Die größten Unterschiede ergeben sich aus der Funktion der Gebäude. Von den antiken Gebäuden sind meist die großen öffentlichen und repräsentativen Gebäude erhalten.

Werksteinmauerwerk (Kalkstein)



- Kalksteinmauerwerk
- geringe Fugen
- rechtwinklige Lager- und Setzfugen
- Sichtmauerwerk
- als äußere Schale von teilweise sehr dicken Mauern

Werksteinmauerwerk (Basalt)



- gleiche Eigenschaften wie das Kalksteinmauerwerk, aber deutlich aufwendiger in der Herstellung
- Diese nur wenig verwitterte Wand aus dem Nord-Theater zeigt, wie die Natursteinwände gebaut wurden: präzise zugearbeitete Werksteine, rechtwinkliger Steinschnitt und sehr dünne Fugen (Pressfugen oder auch Messerfugen genannt).

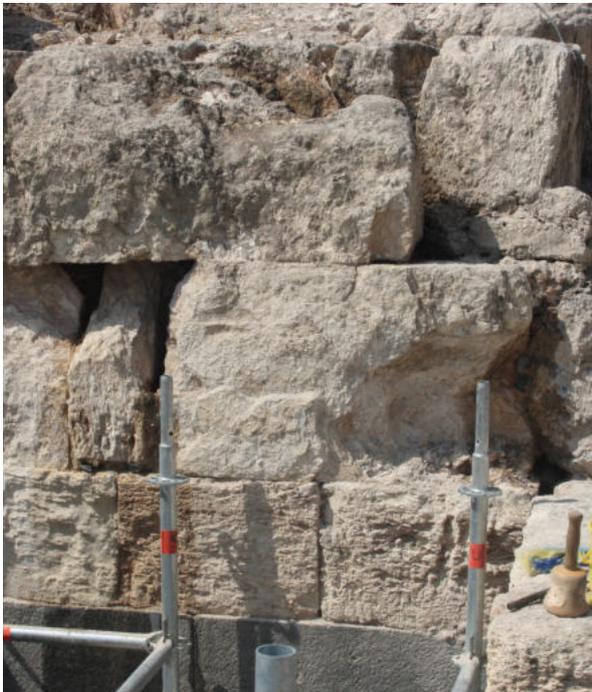
Konstruktiver Aufbau



Der Aufbau (zweischalig) der antiken Mauerwerke ist bei vielen Bauwerken von Gadara vergleichbar. Sie bestehen aus einer inneren und einer äußeren Schale und einem Mauerwerkskern.

Im Kern befinden sich kleine Steine und Mörtel. Antike Werksteine aus Basalt haben oft nur eine glatte Fläche – die Sichtfläche – und vier gerade Kanten. Zum Mauerwerkskern verjüngen sich die Werksteine. Auf diese Weise werden besonders schmale Fugen erreicht und die „Quader“ sind schnell herzustellen.

Erhaltungszustand des antiken Mauerwerks



Viele antike Mauerwerke sehen aufgrund der Verwitterung heute so aus. Dies sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Mauern der großen Gebäude alle sehr sorgfältig gebaut wurden. Der Zerfall des Kalksteins hat auch Einfluss auf die Standsicherheit der Mauern.



Mauerwerke aus Basalt zeigen keine Schäden des Natursteins. Der Zerfall einer Mauer beginnt damit, dass sich ein Quader aus der Wand löst. Anschließend zerfällt das Füllmauerwerk und nach und nach stürzen weitere Quader aus der Wand.



Bogenkonstruktionen sind besonders stabil. Die sorgfältigen Bögen und Gewölbe sind daher oft besser erhalten als manche Wände.

Mauerwerke in Alhara Alfoqa

Im Gegensatz zu den antiken Gebäuden von Gadara handelt es sich bei den Gebäuden von Alhara Alfoqa um Wohnhäuser.



Werksteinmauerwerk (Basalt)

- rechteckige Basaltsteine
- geringe Fugen (die nochmals geritzt wurden, damit das Fugenbild besonders akkurat wirkt)
- rechteckige Lager- und Setzfugen
- ursprünglich nicht verputzt



Werksteinmauerwerk (Kalkstein)

- aus rechteckigen Kalksteinen
- sehr geringe Fugen (Messerfugen)
- kaum Mörtel
- vermutlich nicht verputzt



Hausteinmauerwerk (Kalkstein)

- grob zugehauene Kalksteine
- unterschiedliche Steinformate
- unregelmäßiger Fugenverlauf
- vermutlich verputzt



Hausteinmauerwerk (Basalt)

- aus zugehauenen Basaltsteinen
- wiederverwendetes (antikes) Material
- durchlaufende horizontale Lagerfugen
- Unregelmäßigkeiten sind mit kleinen Zwickelsteinen ausgeglichen
- vermutlich verputzt

Reguläres Mauerwerk



Die Wände bestehen größtenteils aus wiederverwendetem Material und weisen durchgehende horizontale Lagerfugen auf. Die Steine sind regelmäßig behauene Kalk- und Basaltsteine. Kleinere Hohlräume in den Fugen sind mit flachen Steinen ausgezwickelt. Über den Fenster- und Türöffnungen befinden sich monolithische Stürze.



Das Mauerwerk ist zweischalig und besitzt ein Füllmauerwerk aus kleinen Steinen und einem Erdmörtel.

Repräsentatives Mauerwerk



Besonders repräsentative Mauern bestehen aus sehr regelmäßigem Mauerwerk, das nicht verputzt wurde. Die Fugen sind sehr schmal. Die sauber behauenen Mauersteine sind rechteckig und wurden

eigens für den Bau gebrochen. Wiederverwendet wurden nur wenige Bauteile aus Basalt. Die Stürze der Fenster sind aus Kalkstein.

Mörtel

Mörtel ist eine Mischung aus Bindemittel, Zuschlägen und Wasser, die durch chemische Reaktion aushärtet. In der Regel werden drei verschiedene Mörtel unterschieden:

Mauermörtel: für das Versetzen von Bausteinen

Mauermörtel kommt bei der Herstellung von Mauerwerk zum Einsatz. Er sichert die gleichmäßige Kraftübertragung von Stein zu Stein. Darüber hinaus gleicht der Mauermörtel Maßtoleranzen der Steine aus und schließt die dazwischen liegenden Zwischenräume. Neben seiner Wirkung auf Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit beeinflusst er auch viele andere Eigenschaften des fertigen Mauerwerks, wie Schall-, Brand- und Wärmeschutz.

Putzmörtel: zum Verputzen von Wänden und Decken im Außen und Innenbereich

Unter Putz versteht man einen Belag aus Mörtel, der ein- oder mehrlagig an Wänden oder Decken angebracht wird. Während der Innenputz im Inneren des Hauses aufgetragen wird, wird der Außenputz auf die Fassade aufgebracht. Der Putz dient zum einen der Optik (Oberflächengestaltung), zum anderen erfüllt er bauphysikalische Aufgaben, wie Feuchteregulierung, Wärme- und Schallschutz.

Estrichmörtel

Estriche sind dünne Schichten aus Mörtel, die auf einem Untergrund verlegt werden. Estriche erfüllen mehrere Aufgaben: Sie helfen, vorgegebene Höhenlagen des Bodens zu erreichen, einen Bodenbelag aufzunehmen oder Flächen unmittelbar nutzbar zu machen.

Zusammensetzung des Mörtels

Mörtel bestehen generell aus einem Bindemittel, Zuschlagstoffen und Wasser

Bindemittel:

- Kalk, Zement oder Gips
- hat die Aufgabe die Zuschlagstoffe zu binden
- das genaue Verhältnis von Zuschlag und Bindemittel ist wichtig

Zuschlag:

- Fluss-, Gruben oder Brechsand, Holzkohle, Stroh etc.

Anmachwasser:

- vermischt die einzelnen Komponenten
- bringt den Abbindeprozess in Gang
- das Wasser muss sauber sein
- genaue Dosierung ist wichtig

Weitere Zusätze:

Weitere Zusätze können die Eigenschaften des frischen oder ausgehärteten Mörtels verändern

- z. B. Puzzolan, Mörtelfarben, Dichtungsmittel, Erstarrungsverzögerer, Luftporenbilder

Für verschiedene Aufgaben gibt es verschiedene Mörtel, die sich in ihrer Zusammensetzung teilweise deutlich unterscheiden.
Die Auflistung benennt nur die wichtigsten Mörtelarten:

Mörtel	Besonderheiten	Verwendung
Maurermörtel	<ul style="list-style-type: none"> – soll Steine zu einem Bauteil verbinden – soll Unebenheiten der Steine ausgleichen – muss elastisch sein, damit die Mauer auch bei leichten Bewegungen keinen Schaden nimmt 	
Putzmörtel	<ul style="list-style-type: none"> – Verkleidung von Innen- und Außenwänden – dünne Schicht von wenigen Millimetern bis zu 3 Zentimetern – besonders anspruchsvolle Putze können auch eine Bewehrung aufweisen 	
Estrichmörtel	<ul style="list-style-type: none"> – fertig nutzbarer Boden oder Untergrund für Fußbodenbeläge – dient dem Ausgleich von Höhenunterschieden – wird sehr feucht eingebracht 	 <p data-bbox="986 2002 1230 2020"><i>image by jcomp on Freepik</i></p>

Mörtelgruppen

In den Mörtelgruppen werden Mörtel nach ihrer Zusammensetzung, insbesondere nach dem verwendeten Bindemittel (Kalk, Zement oder gemischte Bindemittel) eingeteilt. Aus der Einteilung kann man auch grob die Druckfestigkeit ablesen.

Mörtelgruppe	Druckfestigkeit	Beispiele für Mörtelart
MG I	Gering	Kalkmörtel
MG II und IIa	Mittel	Mörtel mit Putz- und Mauerbinder
MG III und IIIa	Hoch	Zementmörtel

Mörtelgruppe	Luft- oder Wasserkalk	Hydraul. Kalk	Hochhdr. Kalk	Zement	Sand	Mittlere Druckfestigkeit (in N/mm ²)
I	1				3	keine Anforderung an Druckfestigkeit
		1			3	
			1		4,4	
II	2			1	8	> 2,5 N/mm ²
				1	3	
IIa	1			1	6	> 5 N/mm ²
				2	8	
III				1	4	> 10 N/mm ²

Reiner Zementmörtel und Beton bestehen aus den drei gleichen Basisinhaltsstoffen Sand, Wasser und Zement. Zuschlagstoffe können, müssen aber nicht, bei beiden Werkstoffen hinzugefügt werden.

Der deutliche Unterschied liegt in der Korngröße des Sands. Die größten Sandkörner im Maurer- oder Putzmörtel haben einen Durchmesser von vier Millimetern. Im Beton enthalten die Sandgemische Körner mit einem Steinchendurchmesser von bis zu drei Zentimetern.

- Beton ist durch seine grobe Mischung für größere Bauaufgaben geeignet.
- Im Gegensatz zum Mörtel wird seine Stabilität durch Bewehrung unterstützt.
- Mörtel bringt ausreichende Abbindekraft und Haltbarkeit für seine Aufgaben mit.
- Beton ist besonders druckfest.
- Mörtel ist zugfester.

Mörtel in Alhara Alfoqa

Die Grundregel für die Herstellung von Mörtel sind überall gleich, doch in jedem Ort wurden die verwendeten Mörtel an die lokalen Möglichkeiten und Gegebenheiten angepasst. Meist besitzt der Mörtel eine lange Bautradition am Ort und hat sich im Laufe der Zeit kaum verändert.

Eine grundlegende Veränderung für die Verarbeitung von Mörtel war die Einführung von Zement im 20. Jahrhundert. Zement macht den Mörtel deutlich härter. Das hat Vor und Nachteile.

Der traditionelle Mörtel in Alhara Alfoqa

Die Zusammensetzung des Mörtels ist abhängig von der Bauaufgabe.



Kalksplit grob



Kalksplit fein

Zusammensetzung des Maurermörtels

- 3 Teile Sand
- 0,75 Teile gelöschter Kalk
- 1 Teil Kalksplit, grob
- 1 Teil Kalksplit, fein



Sand

BAUWERKSERHALTUNG



In Alhara Alfoqa gibt es verschiedene Mauerwerke, die denkmalgerecht instand gesetzt, erneuert oder aus statischen Gründen ergänzt werden müssen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Arbeiten der Jahre 2015 bis 2023, die in Alhara Alfoqa ausgeführt wurden.

Trockenmauern

Die Errichtung von Trockenmauern dient im Antikengelände von Gadara und in Alhara Alfoqa hauptsächlich der Terrassierung des Geländes und der Abgrenzung von Grundstücken.

Eine wichtige Aufgabe ist auch die Sicherung von Grabungsschnitten, sprich die Sicherung der Erdprofile.



Das Errichten der Mauern erfolgt durch sorgfältiges Stapeln von möglichst großen Steinen. Idealerweise haben die Steine eine rechteckige Form. In die Zwischenräume der großen Steine werden kleinere Steine eingefügt.

Freistehende Mauern sollten **zweischalig** sein, damit sie für die nötige Standsicherheit eine ausreichende Breite besitzen. Je höher die Mauer werden soll, umso breiter sollte ihr Querschnitt sein. Er sollte aber nicht geringer sein als 50 cm.



Bei **Stützmauern oder Terrassenmauern** reicht es meist aus, wenn diese **einschalig** errichtet werden.



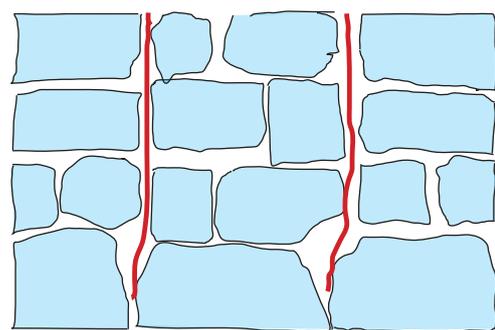
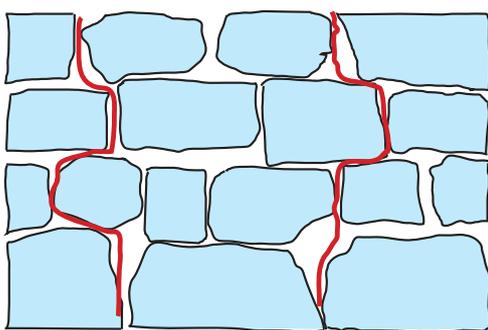
In der Regel sind diese Mauern leicht gegen den Hang geneigt.



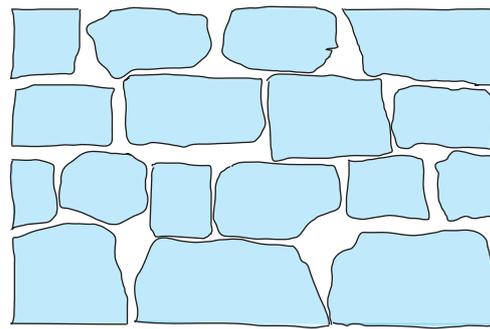
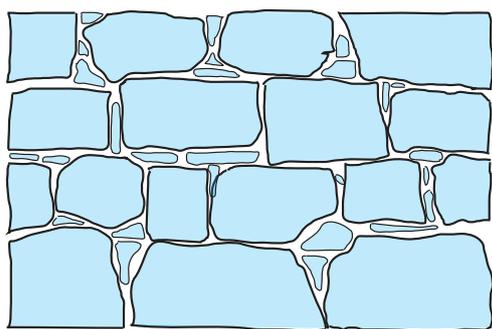
(1) Auch Trockenmauern benötigen Fundamente. Meist reicht es aus, wenn man die Erde so tief abträgt bis man einen festen Grund erreicht. Oft sind dies nur 10 cm.



(2) Wenn möglich, sollte die erste Lage aus besonders großen Steinen bestehen. Bei der zweiten Lage können die Steine kleinteiliger sein. Wenn die Steine eine einheitliche Höhe besitzen, arbeitet es sich einfacher.



(!) Bei der Verteilung der Steine sollte darauf geachtet werden, dass keine senkrechten Fugen entstehen, die über mehr als zwei Lagen verlaufen.



Um Hohlräume zu vermeiden, werden bereits beim Verlegen einer Lage kleinere Steine mit ins Mauerwerk eingelegt. Wichtig ist, dass die Steine gut liegen. Erst wenn eine Lage fertig ist und die Steine nicht mehr wackeln, kann mit der nächsten Lage begonnen werden.



(3) Nach dem Versetzen der Steine können kleinere Zwischenräume noch mit kleinen Steinen ausgezwickelt werden.

Hierbei ist es wichtig, dass die kleineren Steine mit dem Hammer in die Zwischenräume geschlagen werden.



Für die kleinen Zwischenräume eignen sich scharfkantige Abschläge aus Basalt besonders gut, die sog. Basalt-Linsen (die Form ist namensgebend). Die Abschläge lassen sich sehr gut aus altem Material mit Hilfe eines Spreng eisens herstellen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Basalt-Abschläge nicht kaputt gehen, wenn nach der Fertigstellung der Mauer die kleinen Abschläge nochmals mit dem Hammer gefestigt werden.



Die Stabilität der Mauer kann erhöht werden, wenn hinter die Mauerschale Steine geschüttet und diese mit Erde verdichtet werden.

Sicherung Grabungsprofile



Besonders effektiv ist dies, wenn auch nach jeder Lage einige Eimer Wasser auf die Erde geschüttet werden. Dann verteilt sich die Erde auch zwischen den Fugen.

Sicherung Geländesprünge / Terrassen



Die oberste Lage sollte wieder aus besonders großen Steinen bestehen. Gut wäre es zudem, wenn sie rechteckig sind.

Damit die oberen Steine nicht aus der Wand fallen, sollten diese mindestens so tief wie die gesamte Wand sein.

Sicherung Grabungsprofile

Fugensanierung

Intakte Fugen sind eine Grundvoraussetzung für den Erhalt eines historischen Mauerwerks. Die Fugensanierung dient aber auch der optischen Aufwertung der Fassaden.



Je unregelmäßiger das Mauerwerk und die Mauersteine sind, umso wichtiger ist der Zustand der Fugen für die Standsicherheit.



Besonders gefährdet sind Mischmauerwerke, die mit kleineren Steinen ausgezwickelt sind. Eine Fugensanierung dieser Mauern ist besonders wichtig.



(1) Die Fugen müssen zunächst so tief wie möglich gereinigt werden. Oft können sie einfach ausgekratzt oder ausgeblasen werden.

Harte Zementfugen, die vor allem den Kalkstein schädigen, sollten ebenfalls entfernt werden. Hierfür benötigt man meist Hammer und Meißel.



(2) Vor dem Verfugen müssen die Fugen gründlich vorgehästet werden. Dies ist besonders wichtig, damit der Mörtel sich gut mit den Steinen verbindet und beim Aushärten keine Risse bekommt.



(3) Der Fugenmörtel wird mit einer feinen Fugenkelle tief in die Fugen gedrückt. Der Mörtel wird etwas höher und breiter als die Oberfläche der Steine aufgetragen.



(4) Nach circa einer Stunde muss der Mörtel vorsichtig nachgenässt werden. Dieser Vorgang sollte je nach Wetter regelmäßig wiederholt werden.



(!) Außerdem sollte vermieden werden, dass die Sonne direkt auf den Mörtel scheint. Wenn nötig, muss der verfugte Fassadenbereich abgehängt werden.



(5) Nach zirka 24 Stunden, wenn die Oberfläche des Mörtels noch nicht ganz ausgehärtet ist, kann die obere, versinterte Mörtelschicht abgekratzt werden.

Mauerwerksanierung - Konsolidierung

Wenn das Dach undicht oder eingestürzt ist, dringt Wasser in das Mauerwerk. Ausgewaschene Fugen führen zum Herausbrechen kleinerer Steine. Wenn der Mauerwerksverband erste Schäden zeigt, müssen diese behoben werden. Kleinere Reparaturarbeiten können langfristig den Erhalt eines Gebäudes sichern.

Die historischen Gebäude in Alhara Alfoqa unterscheiden sich in ihrer Bautechnik nur wenig. Besonders anfällig sind die zweischaligen Mauerwerke aus wiederverwendeten Steinen. Sie zeigen überall das gleiche Schadensbild. Meist beginnt der Zerfall von oben.



Die meisten Mauern zeigen nicht nur einen, sondern gleich mehrere Schäden. Zu den Schäden zählen neben den offenen Fugen meist Setzungen, verwitterte und ausgebrochene Steine. Außerdem können schlecht ausgeführte Reparaturen zu Schäden oder einem unbefriedigendem optischen Zustand führen.



Grundlage der Sanierung sollte zunächst eine Übersicht über die Schäden sein, eine Schadenskartierung (hier in rot schadhaftes Mauerwerk; in gelb zugesetzte Türöffnung). Ausgehend von der Übersicht können die Maßnahmen geplant und kalkuliert werden. Im Gegensatz zur Fugensanierung werden bei der Mauerwerkssanierung Steine ausgetauscht oder teilweise entnommen und wieder neu vermauert.



(1) Um die Stabilität der Mauer nicht zu gefährden, werden meist nur kleine Flächen am Stück saniert.



Da die Sicherheit höchste Priorität besitzt, müssen immer Bauhelme getragen werden. Wenn nötig, müssen die Bereiche, an denen gearbeitet wird, auch abgestützt werden.



(2) Nach dem Rückbau der geschädigten Steine müssen auch lose Mörtelreste und andere lose Teile entfernt werden.



(!) Wichtig ist auch, dass Pflanzen und Wurzeln vollständig entfernt werden.



(3) Anschließend müssen passende Steine für die Fehlstellen gefunden werden. Sie sollten möglichst tief ins Mauerwerk einbinden.



(!) Im Sockelbereich kann es ratsam sein, geschädigte Kalksteine durch Basaltsteine zu ersetzen.



(4) Bevor die Mauerwerkssteine wieder eingesetzt werden können, muss das Mauerwerk vorbereitet werden. Wenn möglich, sollte der Hohlraum mit Mörtel ausgeworfen werden.



(5) Vor dem Einsetzen der Steine muss ein Mörtelbett auf die Lagerfuge aufgetragen werden. Das Mörtelbett der Lagerfuge sollte so hoch sein, dass das Fugenbild zu den benachbarten Steinen passt.



(!) Die Steine sollten immer so gewählt werden, dass sich ein harmonischer und statisch sicherer Steinschnitt ergibt.

Als Sohlbank, Tür- und Fenstersturz ist es ratsam große monolithische Bauteile zu verwenden.



(6) Ist das Mauerwerk wieder geschlossen (rechts), können auf der angrenzenden Seite wieder Steine entnommen werden. Wichtig ist, dass die Stabilität der Mauerschale nicht gefährdet wird.



(7) Wenn das Mauerwerk wieder geschlossen ist, kann die gesamte Wand neu verfugt werden.



Farbig markiert sind in diesem Plan alle neuen Steine.
Die unterschiedlichen Farben stehen für die unterschiedlichen Höhen der Steine.



Der Vergleich zeigt das Mauerwerk vor und nach der Konsolidierung.

Glossar / Fachbegriffe

Ambos

Block aus Stahl, dient als Unterlage beim Schmieden

Anreißen

Anzeichnen von Linien oder Profilen auf dem Werkstein

Anreißschablone

Schablone, mit der ein Profil angezeichnet wird

Beizeisen

Kleines Schlageisen für filigrane Arbeiten

Böcke

Gestelle aus Holz oder Stahl, auf denen ein Werkstein bearbeitet wird

Bossen

Überstehendes Gestein, das höher ist als die Randschläge ist

Drucklufthammer

Mit Druckluft betriebenes Werkzeug zur Bearbeitung von Stein

Ersehen

Optische Überprüfung von Randschlägen

Fläche**(auch Beil oder Steinaxt genannt)**

Eingestieltes, beidhändig geführtes Steinmetzwerkzeug, mit dem Oberflächen grob eingeebnet werden

Gehrungslinie

Linie, an der ein Profil die Richtung ändert

Knüpfel

Hölzerner Hammer

Kontraschablone

Schablone, mit der ein Profil angezeichnet und überprüft wird

Kopfseite

Sich gegenüberliegende Seiten eines Werksteines, zwischen denen ein Profil verläuft

Meißel

Meißel oder auch Eisen ist der Oberbegriff für alle Steinmetzwerkzeuge, die mit einem Hammer oder einem Knüpfel angetrieben werden

Patentkeil

Keil zum Spalten von Gestein, der aus drei Teilen besteht. (Voraussetzung für die Verwendung ist ein rundes Bohrloch)

Profil

Kontur eines Werksteins, die aus einer Abfolge von geometrischen Formen besteht

Randschlag

Circa 3 cm breite Kante eines Werksteins, Voraussetzung für die Herstellung einer Fläche

Richtscheit

Holzlatte oder gerader Metallstreifen zur Überprüfung von Kanten und Flächen

Riss (Haarriss)

Störung im Gestein

Schablone

Ausgeschnittene Kontur (meist aus Kunststoff), mit der ein Profil auf den Werkstein angezeichnet oder überprüft wird

Scharriereisen

Steinmetzwerkzeug mit 7–10 cm breiter Klinge, zur Herstellung einer Fläche

Schlageisen

Steinmetzwerkzeug mit 2–3 cm breiter Klinge zur Herstellung von Kanten und Randschlägen

Spaltkeil

Konisch geformter Eisenkeil

Spitzeisen

Steinmetzwerkzeug mit spitz zulaufendem, gehärtetem Ende

Spitzen

Grobes Abarbeiten von Stein mit Hilfe des Spitzeisens

Sprengisen/Prelleisen

Steinmetzwerkzeug, mit dem auf ebenen Flächen gerade Kanten hergestellt werden können

Stocken

Einebnen der Fläche mit dem Stockhammer (kommt nur bei Hartgesteinen zur Anwendung)

Stockhammer

Eingestieltes Steinwerkzeug, vergleichbar mit einem Hammer, dessen Enden nicht flach, sondern mit vielen kleinen Spitzen versehen sind

Werkstein

Stein, der mit Hilfe von Steinmetzwerkzeugen bearbeitet wird

Zahnbeizeisen

Steinmetzwerkzeug, kleines Zahneisen für filigrane Arbeiten

Zahneisen

Steinmetzwerkzeug mit der Grundform eines Schlageisens, wobei die Klinge gezahnt ist (3 bis 5 Zähne)

Zahnen

Das Abarbeiten von Stein mit Hilfe eines Zahneisens

Zahnfläche

Eingestieltes Steinmetzwerkzeug, beidhändig geführt; die Klinge ist gezahnt

AUSBILDUNGSNACHWEIS



Auszubildender

Name _____

Vorname _____

geb. am _____

in _____

Wohnort _____

Straße _____

Trainingsprogramm

Die Unterschrift des Trainers und des Auszubildenden bestätigen die Teilnahme an folgenden Trainingskursen:

Trainingsprogramm	Zeitraum des Trainings	Unterschrift Ausbilder	Unterschrift
Steinbearbeitung I (Flächen)			
Steinbearbeitung II (Profilbearbeitung)			
Steinbearbeitung III (Profilbearbeitung)			
Bauwerkserhaltung			

Name _____		Vorname _____	
Trainingskurs _____		Woche _____	
	Lehrinhalte, ausgeführte Tätigkeiten		
Samstag			
Sonntag			
Montag			
Dienstag			
Mittwoch			
Donnerstag			
Notizen			

Zeichnungen / Fotos

Unterschrift Trainer

Unterschrift Trainee

Datum

AUSBILDUNGSNACHWEIS

Name _____		Vorname _____	
Trainingskurs _____		Woche _____	
Lehrinhalte, ausgeführte Tätigkeiten			
Samstag			
Sonntag			
Montag			
Dienstag			
Mittwoch			
Donnerstag			
Notizen			

Zeichnungen / Fotos

Unterschrift Trainer

Unterschrift Trainee

Datum

Belehrung und allgemeine Regeln

Sicherheit am Arbeitsplatz und Schutz vor arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren haben höchste Priorität. Jeder Mitarbeiter ist deshalb verpflichtet, sicher, gesundheits- und umweltgerecht zu arbeiten!

Allgemeine Regeln

- die Arbeit beginnt und endet zu den vereinbarten Zeiten
- verspätetes Erscheinen oder Fehlen führt zu Abzügen bei der Bezahlung
- Alkohol und andere Rauschmitteln sind auf dem Gelände verboten
- das Rauchen in Innenräumen ist generell untersagt
- Raucherpausen erfolgen nur nach Absprache mit den Ausbildern

Arbeitsschutz

- mündliche Anweisungen zum Arbeits- und Umweltschutz befolgen
- die zur Verfügung gestellte persönliche Schutzausrüstung (Sicherheitsschuhe, Arbeitsbrille etc.) ist bei der Arbeit am Stein immer zu tragen
- bei fehlender Sicherheitsausrüstung darf nicht gearbeitet werden
- Für Schäden an der Sicherheitsausrüstung durch unsachgemäßen Umgang oder mutwillige Zerstörung haftet der Trainee bzw. der Arbeiter

Werkzeuge

- auf Ordnung und Sauberkeit bei der Arbeit achten
- Werkzeuge nicht am Boden liegen lassen
- regelmäßige Reinigung des Arbeitsplatzes
- am Ende des Arbeitstages den Arbeitsplatz gründlich reinigen
- am Ende des Arbeitstages sind die Werkzeuge den Ausbildern zu übergeben
- elektrische Werkzeuge dürfen nur nach Einweisung und Rücksprache verwendet werden

Die Belehrung wurde verstanden und akzeptiert

Umm Qays, den _____

Unterschrift

Die Sicherheitsausrüstung (Schuhe und Brille) wurde übernommen

Umm Qays, den _____

Unterschrift

**CAPACITY BUILDING
IN GADARA (UMM QAYS, JORDANIEN)**

