

# Kleine Schriften zur Zürcher Denkmalpflege Heft 13



## **Der «Löwenpavillon» in Feldbach**

Erforschung und Restaurierung  
eines Kunststeinmonuments

# Der «Löwenpavillon» in Feldbach

Erforschung und Restaurierung  
eines Kunststeinmonuments

mit Beiträgen von:

Regula Michel  
Pietro Wallnöfer  
Christine Bläuer  
Tobias Hotz  
Alexander André Barthel



## DIE SANDZUSCHLÄGE DES KUNSTSTEINLÖWEN VON FELDBACH

CHRISTINE BLÄUER

*Sande sind als Zuschlagstoffe für die Herstellung von Kunststein technisch notwendig. Werden Kunststeinobjekte des 19. Jahrhunderts untersucht, können deren Sandzuschläge auch Auskunft über Ressourcengewinnung und Herstellungstechniken jener Zeit geben. Aus der Untersuchung der Feldbacher Löwen-skulptur liessen sich jedoch nur begrenzt allgemeingültige Aussagen ableiten. Manches muss deshalb Spekulation bleiben.*

Kunststein wird aus mineralischem Mörtel hergestellt. Er besteht aus einer Mischung anorganischer Bindemittel, körniger mineralischer Zuschläge und Wasser. In einer Materialuntersuchung wird ausgehend vom Kunststein auf seine Zusammensetzung geschlossen. Die Untersuchung am Feldbacher Löwen sollte klären, wie und aus welchen Materialien diese Kunststeinskulptur ursprünglich hergestellt worden war. Am Material des Kunststeins des Feldbacher Löwen fielen unter anderem die aussergewöhnlichen Sandzuschläge auf, mit denen sich dieser Beitrag schwerpunktmässig auseinandersetzt.

### MÖRTELMISCHUNG – POROSITÄT UND ZUSCHLAG

Kein mineralischer Mörtel kann ohne Wasser hergestellt werden. Wasser regelt die Steifigkeit und damit die Verarbeitbarkeit des Mörtelbreis und wird als Reaktionspartner beim Abbinden hydraulischer Bindemittel (Zement) benötigt. Nach dem Abbinden des Mörtels findet sich ein Teil des Anmachwassers als Bestandteil der abgebundenen, mineralischen Bindemittelphasen wieder. Der grösste Teil ist dagegen verdunstet, wodurch Porenräume zurückbleiben. Die Porosität des Materials gibt so indirekt über die Menge des verwendeten Anmachwassers Auskunft. Insbesondere deuten grosse, oft sogar von blossen Auge sichtbare, konvex begrenzte, unförmige Poren auf einen Überschuss an Anmachwasser hin.

Das Abbinden der Mörtelbindemittel und damit das Erstarren der Mörtel in der gewünschten äusseren Gestalt geschieht in den meisten Fällen durch eine chemische Reaktion der Bindemittelanteile mit Wasser, mit Bestandteilen der Luft oder den anderen Mörtelbestandteilen. Bezogen auf das Bindemittel besteht ein abgebundener Mörtel aus anderen chemisch-mineralogischen Verbindungen als die Ausgangsmischung. Die Zuschlagstoffe sind dagegen in aller Regel chemisch inert, das heisst, sie nehmen an der Abbindereaktion nicht teil. Ihre Aufgabe im Mörtel ist auch eine völlig andere: Sie magern die Mörtelmischung und tragen damit entscheidend zur Festigkeit bei. Mischungen ohne Sandzuschläge, also aus Bindemittel und Wasser alleine, würden zwar chemisch abbinden, es würde aber wegen des grossen Schwunds kein festes, sondern ein körniges, zerbröselndes Material entstehen. Eine Ursache für den Schwund des Bindemittels beim Abbinden liegt in der Verdunstung des nicht für die Abbindereaktion benötigten Anmachwassers.

Daneben beeinflussen die zugeschlagenen Sande Farbe wie auch Struktur des fertigen Mörtels stark und werden heute wie damals entsprechend bewusst ausgewählt. Auch die Verarbeitbarkeit des Mörtelmaterials hängt stark von der Sandwahl ab. Sande mit rundem Korn ergeben viel geschmeidigere Mörtelmischungen als Brechsande mit vorwiegend scharfkantigen Körnern. Nicht zuletzt spielt auch die Korngrössenverteilung der Sandmischung eine Rolle und beeinflusst unter anderem die Menge an benötigtem Bindemittel und Anmachwasser.

In Mörtelmischungen braucht es etwa zwei bis vier Volumenteile Sand pro Volumenteil Bindemittel. Der Zuschlag macht damit einen grossen Teil des fertigen

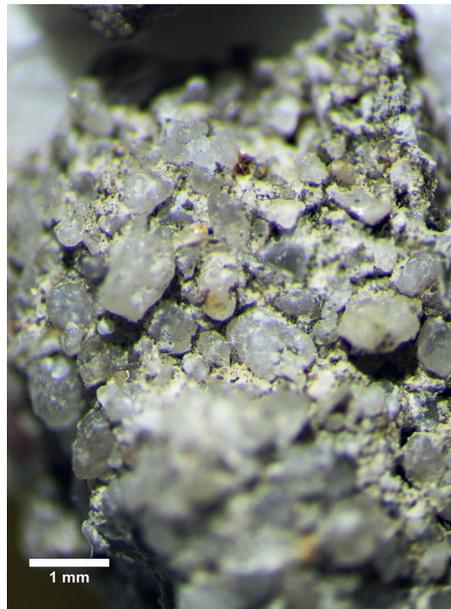
Mörtels aus. Die benötigten Mengen sind auch eine Frage der Materialbeschaffung und damit des Materialtransports. Es erstaunt deshalb nicht, dass in historischen Mörteln<sup>1</sup> meist lokale Sande verwendet wurden. Diese spiegeln die lokale Geologie wider, wobei mit «lokal» die Geologie der Einzugsgebiete der Flüsse oder der Gletscher gemeint ist, die den Sand oder Schotter ursprünglich dahin transportiert haben, wo sie schliesslich abgebaut wurden.

Erst in jüngster Zeit ist es üblich geworden, Sand von weiter her zu importieren. Umso erstaunlicher ist der Befund an den Sandzuschlägen des Feldbacher Löwen: Sie bestehen aus fast reinem Quarzsand, einer Zusammensetzung, die in Schweizer Sanden äusserst selten ist. Es muss daher angenommen werden, dass für die Mörtelmasse der Löwenkulptur ganz bestimmte Eigenschaften des Sandes gewünscht waren, welche die lokal verfügbaren Sande nicht hatten.

#### UNTERSUCHUNG ZWEIER KUNSTSTEINPROBEN

Der Feldbacher Löwe, der den Pavillon am Seeufer bei Feldbach krönt, wurde für die Kantonale Gewerbesausstellung 1894 im Doppel gegossen und dort als Brunnenfigur ausgestellt. Der Zwillinglöwe steht heute in einem Privatgarten in Zollikon. Für die Vorbereitung der vorliegenden Publikation konnte der Restaurator Tobias Hotz<sup>2</sup> eine kleine Materialprobe dieser zweiten Löwenfigur beschaffen. Die Beobachtungen an diesem Material, die allerdings nur in beschränktem Umfang möglich waren, lassen Vergleiche zu und ergänzen die Betrachtungen zum Material des Feldbacher Löwen.

Die Untersuchung des Kunststeins lief wie folgt ab: Als erstes wurden die Mörtel des Löwen und des Pavillons in Feldbach an Ort und Stelle von blosserem Auge und mit Hilfe einer zehnfach vergrössernden Lupe<sup>3</sup> beschrieben. Dann wurde noch vor den Restaurierungsmassnahmen eine kleine Probe für die Laboranalyse entnommen. Diese Probe wurde im Labor zuerst mit dem Stereomikroskop bei Vergrösserungen bis zu 62-fach untersucht und beschrieben. Im Anschluss stellte ein spezialisiertes Labor davon einen polierten Dünnschliff<sup>4</sup> her. Dem Zolliker Löwen konnte erst nach der Restaurierung und damit auch nach der Reinigung der Skulptur eine Probe entnommen und im Labor unter dem Stereomikroskop betrachtet werden. Von dieser Probe konnte kein Dünnschliff analysiert werden.



*Links: Verwitterte Oberfläche der Mörtelmaterialien des Feldbacher Löwen unter dem Stereomikroskop. Rechts: Verwitterte Oberfläche der Mörtelmaterialien des Zolliker Löwen unter dem Stereomikroskop. Aufnahmen der Verfasserin.*

## VERGLEICHENDE ANALYSE DER PROBEN

Bereits bei der Untersuchung am Objekt wurde beobachtet, dass die direkt der Witterung ausgesetzten Kunststeine des Feldbacher Pavillons und seines Löwen eine raue Oberfläche aufweisen. Die Mörtelbindemittel sind viel stärker zurückgewittert als die Sandzuschläge, was auf eine deutlich grössere Verwitterungsresistenz der Zuschläge, verglichen mit den Mörtelbindemitteln, schliessen lässt. Die gleiche Beobachtung konnte auch am Zolliker Löwen gemacht werden. Bei der Probe des Feldbacher Löwen hatten sich auf den Bindemittelbereichen der Oberfläche grüne Beläge aus Mikroorganismen angesiedelt. (Abb. S. 54 links) Die Probe des Zolliker Löwen zeigte nichts dergleichen. (Abb. S. 54 rechts) Es hat entweder damit zu tun, dass diese nach der Restaurierung entnommen worden war oder dass die Entnahme an einer Stelle erfolgt war, die kaum dem Regen und der Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Gemeinsam ist beiden Proben, dass die Korngrösse aller Sandzuschläge unter einem Millimeter liegt und dass diese wesentlich weniger verwittert sind als die dazwischen liegenden Mörtelbindemittel. Die Probe des Zolliker Löwen ermöglichte zusätzlich die Betrachtung einer frischen Bruchfläche (Abb. unten). Hier zeigte sich, dass das hellgraue Mörtelmaterial durch die Zuschlagskörner hindurch zerbricht, sodass das Material als sehr hart eingestuft werden kann.<sup>5</sup>

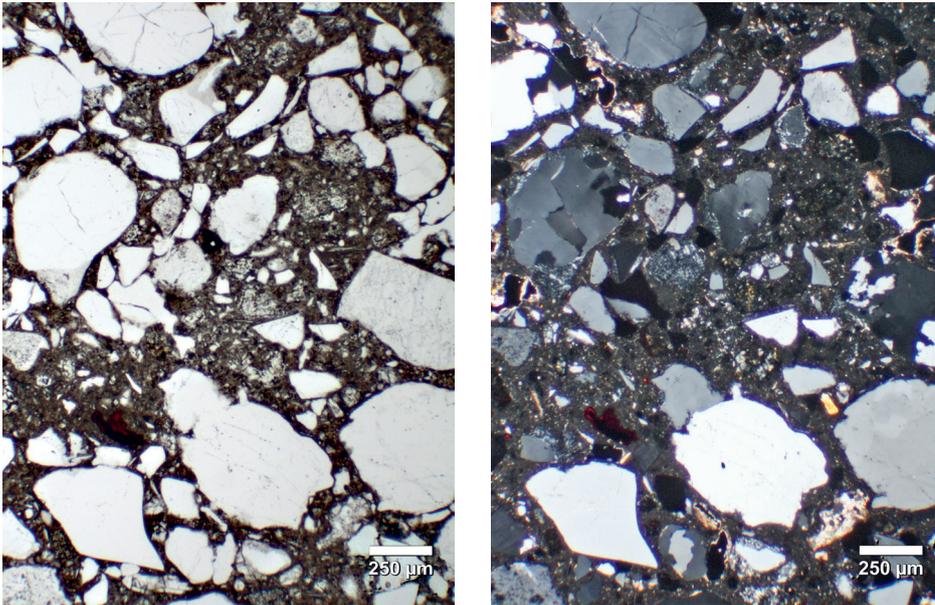
## POLARISATIONSMIKROSKOPIE AM DÜNNSCHLIFF

Die Dünnschliffmikroskopie erlaubt es, die Komponenten von anorganischen Verbundstoffen, wie es die Mörtel sind, in ihrem Verband zu beschreiben und zu identifizieren.<sup>6</sup>

Diese Methode führte zu folgenden Beobachtungen: Der Mörtel des Feldbacher Löwen erwies sich in Bezug auf die Bindemittel als hydraulischer Mörtel. Sein Sandzuschlag besteht aus einem fast reinen Quarzsand (Abb. Folgeseite), dessen Korngrössen immer unter einem Millimeter bleiben. Er zeigt eine Ausfallkörnung mit zwei hauptsächlichen Korngrössenklassen: Einerseits eine Klasse von gröbereren Körnern mit angerundeten bis gut gerundeten Kornformen und Korndurchmessern von im Mittel um die 0.5 Millimeter. Andererseits ist eine Klasse

*Frische Bruchfläche der Probe des Zolliker Löwen. Aufnahme der Verfasserin.*





*Links: Dünnschliff der Mörtelprobe des Feldbacher Löwen unter einfach polarisiertem Durchlicht; gleicher Ausschnitt wie in Abb. rechts. Rechts: Dünnschliff der Mörtelprobe des Feldbacher Löwen, bei gekreuzter Polarisation; gleicher Ausschnitt wie in Abb. links. Ganz unten, links oberhalb des Massstabalkens ist zwischen zwei grossen, gut gerundeten Quarzkörnern ein einzelnes karbonatisches Korn in der feinen Zuschlagsfraktion zu erkennen. Aufnahmen der Verfasserin.*

von feineren Körnern, die kleiner als 0.2 Millimeter und scharfkantig ausgebildet sind zu identifizieren. Lediglich sehr vereinzelt sind im Dünnschliff Karbonatkörner in der feinen Sandfraktion zu beobachten (Abb. oben rechts).

Die stereomikroskopische Beobachtung hat ergeben, dass der Sand des Zolliker Löwen in seiner gröberen Fraktion dem Feldbacher Löwen gleichartig ist. Ob auch hier die feine Kornfraktion scharfkantig ist, konnte aufgrund des fehlenden Dünnschliffs nicht ermittelt werden.

#### ANTEILE MIT DEM PUNKTZÄHLVERFAHREN ERMITTELN

Zur Quantifizierung der Beobachtungen am Dünnschliff kann die Methode des Punktzählverfahrens (point counting) benutzt werden. Grundsätzlich geht es dabei um statistisches, mengenmässiges Auszählen von Komponenten im zweidimensionalen Dünnschliff. Damit lässt sich auf die Gehalte dieser Bestandteile im dreidimensionalen Raum schliessen. Man legt dazu ein imaginäres Gitternetz über den Dünnschliff, ordnet die Punkte in den Fadenkreuzen bestimmten Materialkategorien zu und zählt sie mengenmässig aus. Üblicherweise werden mehrere hundert Punkte gezählt; dann entsprechen die in der Dünnschliffebene gefundenen Anteile den Volumenanteilen der Bestandteile im Material.<sup>7</sup>

Im vorliegenden Fall wurde die Zählung auf Dünnschliffbildern mit Hilfe des Freeware Programms JMicroVision 1.2.7 durchgeführt.<sup>8</sup> Benutzt wurde die Methode «random grid» und gezählt wurden 500 Punkte, was für Komponenten, die mehr als zehn Prozent des ausgezählten Materials ausmachen, einen Fehler von kleiner als ein Prozent ergibt.<sup>9</sup>

Wenn man auf der Baustelle Mörtel mischt, werden die Bestandteile als Volumenteile zusammengegeben. Für eine Mischung mit einem Raumteil Bindemittel und zwei Raumteilen Sand werden zum Beispiel eine Schaufel Bindemittelpulver mit zwei Schaufeln mehr oder weniger trockenem Sand vermischt. Nebst den Sand- oder Bindemittelkörnern enthalten diese Volumina auch viel Luft. Ein solcher Sand aus Sandkörnern und Luft wird Schüttsand genannt. Im fertigen Mörtel werden diese Lufträume zwischen den Sandkörnern durch das Bindemittel gefüllt und die Luft zwischen den Bindemittelpartikeln zunächst durch Wasser verdrängt, welches dann verdunstet.

Beim Punktzählverfahren kann vom Zuschlag selbstverständlich nur der Festkörperanteil gezählt werden. Die ermittelten Volumina entsprechen damit lediglich dem Volumenanteil der Sandkörner am Volumen des Sandes, der verwendet wurde. Die Umrechnung in Raumeile Schüttsand erfolgt über die mittlere Korndichte, die sich aus der mineralogischen Zusammensetzung des Sandes ergibt, und dem Schüttvolumen für die Sande. Wenn für die Sande von einer Gesteinsdichte von 2.65 kg/L (reiner Quarzsand) und einer mittleren Schüttdichte von 1.5 kg/L ausgegangen wird, so beträgt der durch Punktzählung ermittelte Volumengehalt der Sande am Mörtel (hier 48.3 Volumenprozent des abgebundenen Mörtels), lediglich knapp 56 Prozent des Volumens des für die Mörtelmischung verwendeten Schüttsandvolumens.

Beim Bindemittel liegt der Fall etwas anders: Hier entspricht das ausgezählte Bindemittelvolumen von hier 41.5 Volumenprozent, etwa dem effektiv verwendeten Volumen, denn das Bindemittelpulver wurde möglichst mit genau so viel Wasser angemischt, damit die Bindemittelmasse beim Abbinden möglichst nicht schwindet. Werden die ausgezählten Werte umgerechnet, so beträgt das ursprünglich verwendete Volumenverhältnis von Bindemittelpulver zu Schüttsandzuschlag gut 1 zu 2.1.

Im Punktzählverfahren wurde zudem am abgebundenen Mörtel mit gut zehn Volumenprozent eine recht grosse Menge an Makroporen festgestellt. Es handelt sich um grosse, unförmige Poren. Solche Poren werden manchmal mit dem aus der Metallgiesserei entlehnten Begriff Lunkern bezeichnet. Sie deuten auf einen Wasserüberschuss hin, also darauf, dass deutlich mehr Wasser zugegeben wurde als für das Abbinden des hydraulischen Bindemittels nötig war.

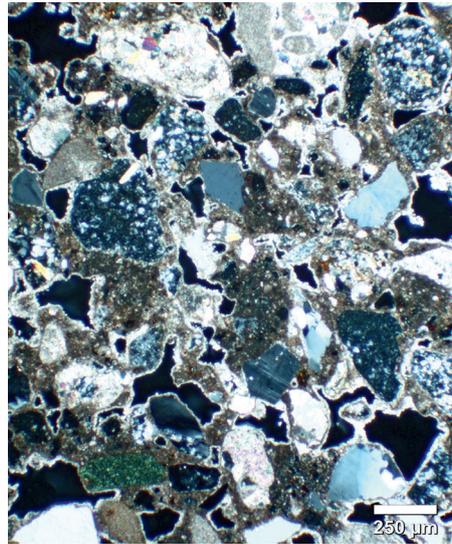
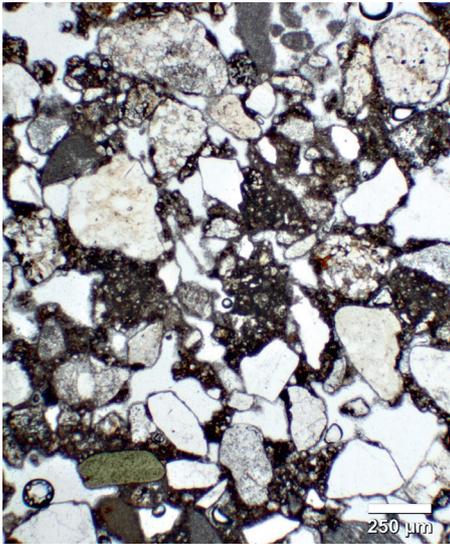
#### QUARZSAND ALS MÖRTELZUSCHLAG

Die Zuschläge des Feldbacher Löwen bestehen aus reinem Quarzsand. Die Sandzuschläge des Zolliker Löwen können aufgrund ihrer Ähnlichkeit unter dem Stereomikroskop und ihres ebenfalls sehr witterungsresistenten Verhaltens mit den Zuschlägen des Feldbacher Löwen als gleichartig angenommen werden.

Erstaunlich erscheint, dass, obwohl alle Zuschläge aus reinem Quarzsand bestehen, nur die gröbere Sandfraktion mit ca. 0.5 Millimeter Rundkorn aufweist. Die feinere Fraktion besteht dagegen aus einem scharfen Brechsand. Entsprechend muss davon ausgegangen werden, dass die beiden Korngrössen aus verschiedenen Sanden zusammengemischt wurden, denn in natürlichen Ablagemilieus ist es sehr unwahrscheinlich, dass gleichzeitig gut gerundete und scharfkantige Sandkörner vorkommen. Der Entstehungsort der beiden Löwen ist Zürich, in dessen näherem Einzugsgebiet es kein Vorkommen an reinen Quarzsanden oder karbonatfreien Sanden gibt.<sup>10</sup> Generell sind solch petrographisch eintönige Sandzuschläge in Schweizer Mörteln besonders spannend, da entsprechende Sandvorkommen in der Schweiz eher selten sind.

#### SANDVORKOMMEN UND IHRE EIGENSCHAFTEN

Vorkommen nicht sehr reiner Quarzsande gibt es in der Molasse der Nordostschweiz. Dazu gehört auch das Vorkommen von Benken im Zürcher Weinland<sup>11</sup>, dessen Sande zur Produktion der Kunststeine am Hauptgebäude der ETH Zürich verwendet wurden. Die Sande dieser Kunststeine werden von Albert Wespi 1920 wie folgt charakterisiert: «[...] Benkener Sande[s] sind Quarzkörner (bis 95% SiO<sub>2</sub>), etwas Feldspat (Orthoklas, Plagioklas), Mikroklin, Glimmer, mitunter Magnetit, Limonit, spärliche Splitter amorpher Kieselsäure (Hornstein) und immer etwas Glaukonit [...].»<sup>12</sup>



Links: Dünnschliff der Probe des Löwen am Hafen Enge mit stark karbonatisiertem Bindemittel und Zuschlägen aus Karbonatgesteinen, Feldspäten, Quarzen, Radiolariten etc. unter einfach polarisiertem Durchlicht; gleicher Ausschnitt wie Abb. rechts. Rechts: Dünnschliff der Probe des Löwen am Hafen Enge mit stark karbonatisiertem Bindemittel und Zuschlägen aus Karbonatgesteinen, Feldspäten, Quarzen, Radiolariten etc. bei gekreuzter Polarisation; gleicher Ausschnitt wie Abb. links. Aufnahmen der Verfasserin.

Wespis Beschreibung des Sandes passt nur bedingt zur gröberen Sandfraktion des Feldbacher Löwen, denn in den Dünnschliffen gab es in der gröberen Sandfraktion keinen Hinweis auf das Vorhandensein von anderen Mineralien ausser Quarz. Obwohl die Benkener Sande als eher grob, mit Korngrössen bis acht Millimeter beschrieben werden<sup>13</sup>, könnten sie als Lieferant für den feinen scharfkantigen Sandanteil infrage kommen, denn «das gröbere Quarzkies wird [...] durch eine Brechmaschine nutzbar gemacht».<sup>14</sup> Die von Wegelin beschriebene Exkursion fand allerdings erst 1916, also fast zwanzig Jahre nach der Entstehung der Löwen statt. Und ob eine solche Brechmaschine bereits am Ende des 19. Jahrhunderts in Betrieb war, ist aufgrund des zitierten Textes eher nicht zu vermuten.

Die Sande von Benken sind während der letzten Eiszeit durch das Auswaschen des Karbonatzements<sup>15</sup> aus Molassesandsteinen entstanden. Deshalb ist es verständlich, dass sie zum Teil deutliche Restkarbonatgehalte enthalten<sup>16</sup>, wodurch das in der Abbildung oben links gezeigte, zum Feinstzuschlag gehörende einzelne Kalkkorn erklärt werden könnte. Zudem enthalten die Sande der Molasse nicht nur Quarz, sondern auch viele andere Minerale, wie sie für die Benkener Sande oben aufgezählt wurden.<sup>17</sup> Im Sandzuschlag des Löwen von Feldbach konnte hingegen ausschliesslich Quarz beobachtet werden.

In Giessereien wurden möglichst reine Quarzsande als Formsande verwendet. Ideal dafür sind gut sortierte<sup>18</sup> Quarzsande mit Korngrössen kleiner als 0.5 Millimeter. Vorkommen solch feinkörniger Quarzsande scheinen sich in Rhät- und Bohnerzformationen des Juragebirges zu konzentrieren.<sup>19</sup> Giessereisande «sollten den Grossteil der Körner innerhalb eines eng begrenzten Korngrössenintervalles aufweisen» und die Korngrössen sollen zwischen 0.08 und 0.4 Millimeter liegen.<sup>20</sup> Diese Beschreibung passt damit recht gut zum Befund an den Zuschlägen des Feldbacher Löwen. Zumindest im Jahr 1941 gab es im Gebiet zwischen Zürich, Baden und Schaffhausen etliche Vorkommen an Sanden, die für die Giesserei nutzbar waren. Wie lange vorher diese schon bekannt waren und ausgebeutet wurden, kann nicht belegt werden.

## WAS SPEKULATION BLEIBT

Generelle Aussagen zur Art der für Kunststein verwendeten Sande lassen sich aus der hier analysierten Probe des Feldbacher Löwen nicht ableiten, denn dazu ist die Probe zu klein. Zumindest theoretisch wäre es möglich, dass der Feldbacher Löwe

in einem Verfahren hergestellt wurde, in dem die Gussform zuerst mit einer Schicht Mörtel ausgekleidet und erst danach mit einem anderen Mörtel vollgossen wurde.<sup>21</sup> Bei der Anwendung eines zweischichtigen Verfahrens bildet der Mörtel für die Auskleidung nach dem Ausschalen die Oberfläche der fertigen Skulptur. Dieser Schicht entstammt die hier untersuchte Probe. Immerhin würde das zitierte Rezept<sup>22</sup> ziemlich genau mit der für die Feldbacher Löwen Skulptur gefundenen Mörtelmischung übereinstimmen. Dagegen spricht aber, dass der Zolliker Löwe an den Bruchstellen der abgebrochenen Vorderpfoten keinen zweischichtigen Aufbau zeigt, sondern dass es zumindest an dieser Stelle durchgehend das gleiche Material zu sein scheint.<sup>23</sup>

Auch eine allgemeine Aussage zur Herkunft der Zuschläge für den Kunststein von Skulpturen lässt sich aus der Materialanalyse des Feldbacher Löwen nicht herleiten. Denn im Vergleich dazu sind die Sande des zeitgleich entstandenen Kunststeinlöwen am Hafen Zürich-Enge deutlich vielfältiger zusammengesetzt und stammen aus einem «gewöhnlichen» lokalen Sand mit einem Karbonatanteil von über dreissig Prozent (Abb. S. 58). Ob die beiden Löwen von Feldbach und Zollikon, was die Zusammensetzung ihrer Sande betrifft, eine Ausnahme darstellen oder nicht, würde sich erst sagen lassen, wenn diejenige der Zuschläge einer gewissen minimalen Anzahl solcher Kunststeinobjekte bekannt wäre. Oftmals wird aber in Mörtelanalysen der mineralogisch-petrographischen Zusammensetzung der Sande kaum Aufmerksamkeit geschenkt, unter anderem wohl, weil sie die Mörtel Eigenschaften nur wenig beeinflussen, solange es sich um Fragmente von genügender Festigkeit und chemischer Trägheit handelt.

## ANMERKUNGEN

- 1 Gemeint sind hier Mörtel, die vor der Erschliessung weiter Teile des Landes durch die Eisenbahn hergestellt wurden.
- 2 Vgl. den Beitrag von Tobias Hotz in dieser Schrift, S. 60–79.
- 3 Geologenlupe.
- 4 Dünnschliffe sind 30 µm dünne Scheibchen eines Materials, welche im Polarisationsmikroskop analysiert werden können.
- 5 Christine Bläuer, Möglichkeiten und Grenzen von naturwissenschaftlichen Verputz- und Mörteluntersuchungen, in: Oskar Emmenegger, Historische Putztechniken. Von der Architektur- zur Oberflächengestaltung, Zürich 2016 (Bläuer 2016), S. 31–44.
- 6 Michael M. Raith, Peter Raase, Leitfaden zur Dünnschliffmikroskopie, Bonn und Kiel 2009. Vgl. <https://www.steinmann.uni-bonn.de/pdf/leitfaden-zur-duennschliff-mikroskopie/view>, Stand: 29.6.2020 und Bläuer 2016.
- 7 Felix Chayes, Petrographic modal analysis, New York 1956.
- 8 Nicolas Roduit, JMicroVision: un logiciel d'analyse d'images pétrographiques polyvalent, Thèse de doctorat, Université Genève 2007, Sc. 3830 – 2007/02/02, <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:468>, Stand: 29.6.2020.
- 9 Fehlerberechnung nach Nicolas Roduit, JMicroVision: un logiciel d'analyse images pétrographiques polyvalent, Thèse de doctorat, faculté des sciences de l'Université de Genève 2007, S. 99.
- 10 V. Jenny, Francis de Quervain, Untersuchungen von Kalk- und Dolomitgehalt an Sanden quartärer Ablagerungen der Nordostschweiz, 2. Teil, 1961. Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen, Band 41, Heft 2, S. 471–480. – Uta Hassler, Sophie Wolf, Petra Dariz, Konrad Zehnder, Wilhelm Glaser, Kiese und Sande der Schweiz. Zuschläge für die Nachstellung historischer Mörtel und Putze, hg. von Institut für Denkmalpflege und Bauforschung an der ETH Zürich, Zürich 2010.
- 11 H. Bader, Untersuchungen an kalkarmen Sanden der nordschweizerischen Molasse, in: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen/Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie, 16/1, 1936 (Bader 1936), S. 195–201.
- 12 Albert Wespi, Über die Konstitution und Wetterfestigkeit des Kunststeines und seines Bindemittels, Diss. Eidg. Technische Hochschule Zürich 1920. Vgl. <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/5/1/eth-20393-01.pdf>; Stand 29.6.2020 (Wespi 1920), S. 32.
- 13 Bader 1936. – H. Wegelin, Die Kohlfirst-Exkursion der Naturforschenden Gesellschaft, in: Kleine Mitteilungen, Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft 22 (1917) (Wegelin 1917), S. 125–130.
- 14 Wegelin 1917, S. 125.
- 15 Die Verfestigung der Sande zu Sandsteinen der Molasse erfolgte durch die Ablagerung von Karbonatmineralien (= Karbonatzement) zwischen den Sandkörnern.
- 16 Bader 1936.
- 17 Wespi 1920.
- 18 «Gut sortiert» steht im geologischen Zusammenhang für Sande mit sehr einseitiger Korngrößenverteilung.
- 19 Armin von Moos, Über das Vorkommen und Abbau von Giessereiformstoffen in der Schweiz, in: *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 34/2, 1941 (von Moos 1941), S. 229–240. – Francis de Quervain, Die nutzbaren Gesteine der Schweiz, Bern 1969, S. 248.
- 20 von Moos 1941, S. 237.
- 21 Petra Dariz, Industrielle Bauornamentik der Schweiz unter besonderer Berücksichtigung von Kunststein aus hochhydraulischen Gussmassen, Dissertation Nr. 22351, ETH Zürich 2014. Dariz zitiert ein solches Vorgehen auf S. 39 nach der Literatur: Friedrich Büsing schildert als alternatives Vorgehen, ebenfalls den Vorsatz zu stampfen: «Eine Mischung von 1 Th. Cement, 1–2 Th. reinem Quarzsand, erdfeucht angemacht, wird in einer Schicht von etwa 3 cm Dicke zunächst in eine Leimform gebracht und mit Hand oder kleinen Holzstempeln fest angedrückt. Alsdann folgt das Ausfüllen der Form mit plastisch angemachtem Beton (1:6), dessen Feuchtigkeit theilweise von der umgebenden Schicht aufgesaugt wird.»
- 22 Vgl. Anm. 21.
- 23 Am Feldbacher Löwen gab es keine genügend grosse Bruchstelle, welche eine Aussage dazu ermöglicht hätte.