



Bericht

Nr.:21151

Auftraggeber	Gemeinde Wettingen Alberich Zwysig-Strasse 76 5430 Wettingen
Kontakt	Csaba Dul, Bau- und Planungsabteilung
Auftrag	Materialtechnische Untersuchung der Fassade
Objekt	Kalksteinfassade, Rigistrasse 10, 5430 Wettingen
Baustoffe	Echinodermenkalk
Probenmaterial	9 Platten (davon 3 gebogen)

Inhalt:

1. Auftragsbeschreibung



2. Ergebnisse und Kommentar



3. Zur Instandsetzung



4. Untersuchungsprotokolle



1. Auftragsbeschreibung



Nach der Feststellung von stark gewölbten Fassadenplatten wurde die Firma Materialtechnik am Bau AG beauftragt, eine Kontrolle der Fassadenplatten des Gebäudes an der Rigistrasse 10 in Wettingen auszuführen. Der Bericht rapportiert den Zustand der Fassadenplatten und die mögliche Ursache der Aufwölbung. Die Kontrolle erfolgte vor Ort ab Hebebühne und ab Leiter am 23.09. bzw. am 15.10.2021. Für die Messung der Biegezugfestigkeit und die mikroskopischen Untersuchungen wurden pro Fassadefläche zwei/drei Platten durch die Firma Emil Fischer AG (Dottikon) entnommen. Diese werden umgehend ersetzt.

2. Ergebnisse und Kommentar



Beobachtungen vor Ort

Die Fassadenplatten bestehen aus einem weichen, in der Regel grobkörnigen und porösen Echinodermenkalk. In manchen Fällen kommt eine eher feinkörnige Echinodermenkalk-Sorte vor. Die meisten Platten sind eher grossformatig und mit Abmessungen von 77 x 85-108 cm (Wände) bis 77 x 138 cm (Decke, Platten über Kopf beim Haupteingang). Die Stärke liegt in allen Fällen bei 4 cm. Die Platten wurden mit dem heute nicht mehr verwendeten Kohler-System aufgehängt, an den Entnahmestellen konnten immer 4 Befestigungspunkte beobachtet werden (Foto 1). Die grossformatigen Platten «über Kopf» beim Haupteingangsbereich wurden mit einer Schiene an der Längsseite gesichert (Foto 2).

Die untersuchten Platten zeigen bei der Abklopfprüfung einen leicht dumpfen Klang, was in der Regel bei vorgehängten Fassaden normal ist. Etliche Platten (insbesondere über Kopf) wurden zudem mit einem Saugnapf auf festen Halt geprüft. Alle geprüften Platten erscheinen stabil montiert. Abgesehen von der Aufwölbung sind die Platten kompakt. An einer Platte wurde ein feiner Riss festgestellt, wobei daraus keine unmittelbare Gefahr resultiert. Die Aufwölbung beschränkt sich auf Platten der Nord- und der Südfassade, und zeigt sich als konvexförmig, d.h. die Platten schüsseln immer nach aussen. In der Regel ist die Aufwölbung in der Vertikalrichtung am stärksten und kommt nur bei den grobkörnigen Platten vor. Die maximale gemessene Verformung (immer auf die Plattenmitte bezogen), beträgt 13 mm (Foto 3). Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die Platten mit Verformungen zwischen 3 und 8 mm gelb, und Platten mit Verformungen > 8 mm rot auf den Plänen (Pläne 1-4) eingefärbt. Insgesamt wurden 59 gebogenen Platten gezählt, bei einem Total von ca. 1000 Platten vor (ca. 6 %).

Laboruntersuchungen

Die Einzelresultate der Messungen sind im Kapitel 4 ersichtlich. Die entnommenen Platten N1, N2 und S2 zeigen eine Aufwölbung auf, bei den 6 anderen handelte es sich um Platten ohne Aufwölbung. In allen Fällen besteht der Echinodermenkalk aus kalzitischen Echinodermenfragmenten (Grösse ca. 2-3 mm) und Kalzitkristallen sekundären Ursprungs. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.



- Die nicht gewölbten Platten zeigen eine durchschnittliche Biegezugfestigkeit von 2.2 ± 0.4 N/mm². Mikroskopisch betrachtet zeigt der Echinodermenkalk praktisch keine Schäden. Die Anzahl an primären Poren ist hoch und erklärt die tiefe Biegezugfestigkeit.
- Bei den 3 gewölbten Platten liegt die Biegezugfestigkeit im Durchschnitt bei 2.3 ± 0.8 N/mm². An zwei Platten (N1 und N2) wurden die Ultraschallgeschwindigkeiten zusätzlich gemessen. Diese liegen bei Platte N1 bei ca. 3037 m/s und bei Platte N2 bei 2511 m/s. Die Werte korrelieren mit der festgestellten Biegezugfestigkeit, welche etwa höher bei Platte N1 liegt, sowie mit den mikroskopischen Analysen. Bei der Platte N2 ist eine fortgeschrittene Gefügeflockung zu vermerken.

Ursache der Verformung

Die Verbiegung von Gesteinen ist vor allem bei Marmoren bekannt und wird in der Literatur ausführlich beschrieben. Dasselbe Phänomen kann aber auch in Sedimentgesteinen vorkommen, welche hauptsächlich aus sparitischen (d.h. Korngrösse > 0.063 mm) Kalzitkristallen bestehen. Der untersuchte Echinodermenkalk gehört zu dieser zweiten Kategorie.

Die Verbiegung einer Natursteinplatte liegt im Zusammenhang mit ihrem Verhalten während täglichen Temperatur- und Feuchteschwankungen. Die Platte dehnt sich bei zunehmenden und schrumpft bei abnehmenden Temperaturen. Wenn der Prozess nicht komplett reversibel ist, dann bleibt eine Restdehnung. Diese Restdehnung verursacht normalerweise eine Auflockerung an der Grenze zwischen den einzelnen Mineralien, d.h. das Gefüge wird geschwächt. Ist die Auflockerung auf einer Seite der Platte stärker als auf der anderen, kann sich diese dann verbiegen. In diesem Fall ist die Restdehnung an der Hinterseite stärker als diejenige der Vorderseite, möglicherweise aufgrund von Kondenswasser an der Hinterseite der Platte oder stärkere Erwärmung durch die heisse Luft aus dem Gebäude (viele der gebogenen Platten sind oberhalb von Fenstern zu beobachten).

Zusammenfassende Beurteilung

Obwohl die Beobachtungen vor Ort kein dramatisches Bild zeigen, liegt die Biegezugfestigkeit für solche grossformatigen Platten, sowohl bei den gebogenen als auch bei nicht gebogenen Platten tief. Ob dies nur auf einer systematischen Verwitterung des Baustoffes beruht, oder ob die Platten schon vom Anfang an eine geringe Festigkeit aufwiesen, lässt sich mit dieser Untersuchung nicht scharf abgrenzen. Aufgrund der tiefen Biegezugfestigkeit ist der aktuelle Zustand der Platten als schlecht zu klassifizieren.

3. Zur Instandsetzung



Aufgrund der tiefe Biegezugfestigkeit müssen sofort:

- die umliegenden Gärten beim Gewerbeteil des Bauwerks mit einer stabilen Absperrung (beispielsweise Baustellengitter oder Rot/Weissen Absperrlatten) bis auf 2 m Abstand von der Wand abgegrenzt werden (Plan 5).
- Der Haupteingang und die anschliessende Wohnung im Westen mit einem Netz gesichert werden (Plan 6). Das Netz wird an der Unterkonstruktion verankert und muss bündig mit der Fassadensichtfläche liegen.

Bei allfälligen Öffnungen in den Natursteinplatten zur Befestigung von Sicherungsnetzen soll ausschliesslich erschütterungsfrei gearbeitet werden (kein Schlagbohrer). Je nach Netzqualität ist dieses im Nutzungszeitraum beschränkt. Das Aufhängen des Netzes muss durch eine kompetente Firma ausgeführt werden.

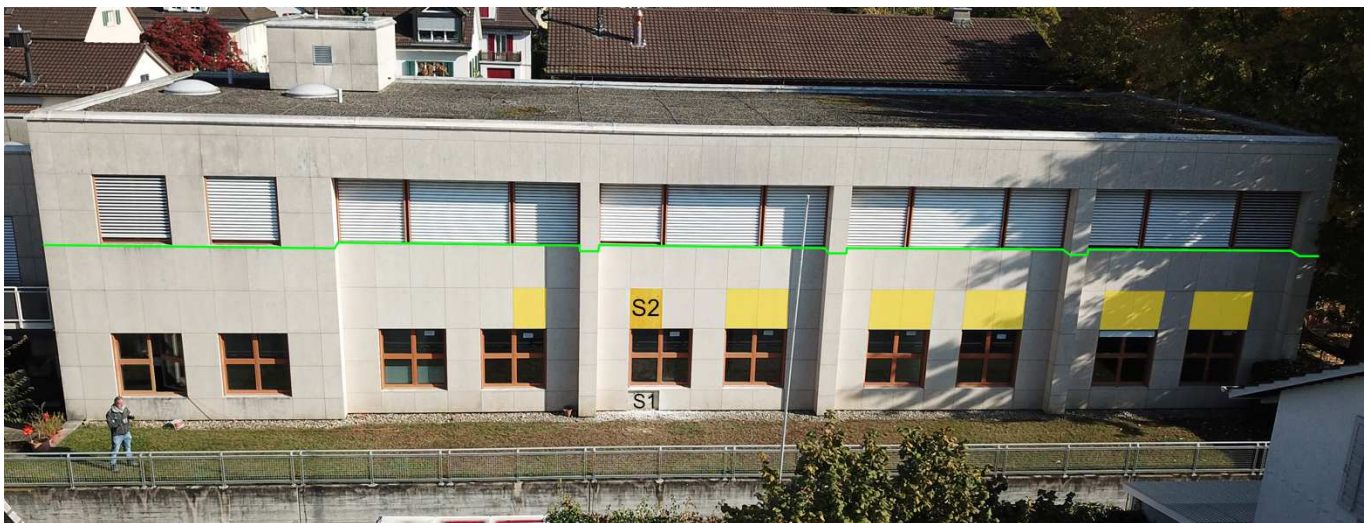
Ein Ersatz der Fassadenplatten soll innerhalb der nächsten 2 Jahre stattfinden. Wird wieder Stein verwendet, dann soll ein Material mit hoher Festigkeit und Beständigkeit gewählt werden. Ebenso soll ein Befestigungssystem auf den aktuellen technischen Stand verwendet werden. Die Erneuerung der Bekleidung bietet die Möglichkeit die Fassade auch bezüglich Wärmedämmung auf den aktuellen Stand zu bringen.

Materialtechnik am Bau AG


Dr. Fabio Donadini


Dr. Giuliano Krättli

4. Untersuchungsprotokolle Plan 1 Südseite



Legende zu den Plänen 1 bis 4

 Wölbung zw. 3 und 8 mm

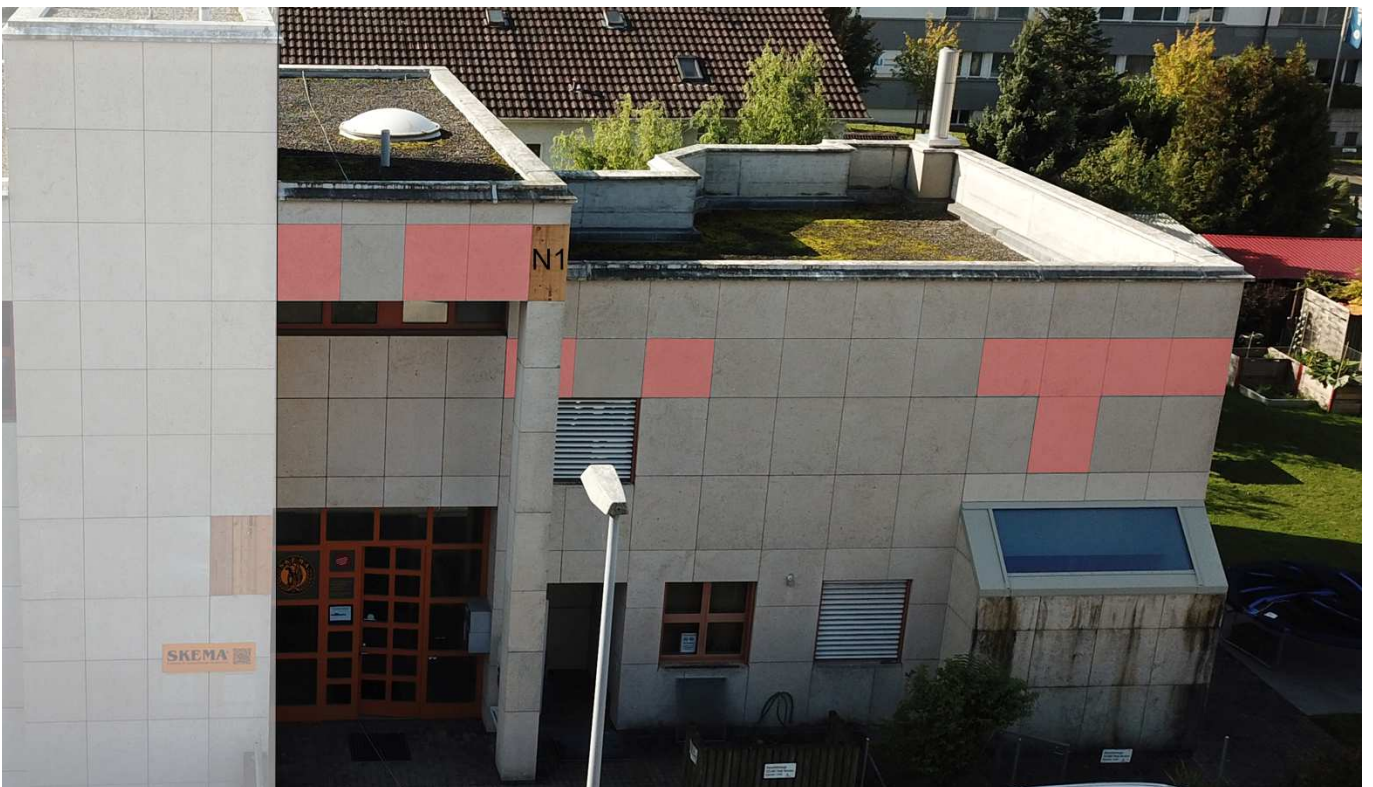
 Wölbung grösser als 8 mm

 Abklopfgrenze

Nn/On/Sn/Wn Entnommene Platte
mit Orientierung / Nummer

 Risse

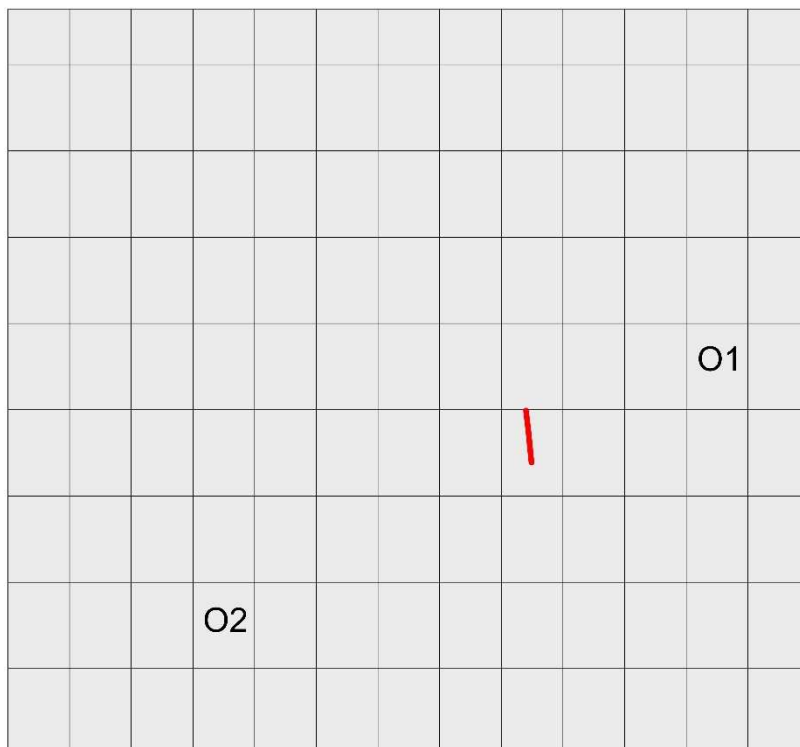
Plan 2: Nordfassade



Plan 3 Westseite



Plan 4 Ostseite



Plan 5: Absperrungskonzept



a) Nord und Ostseite



b) Südseite

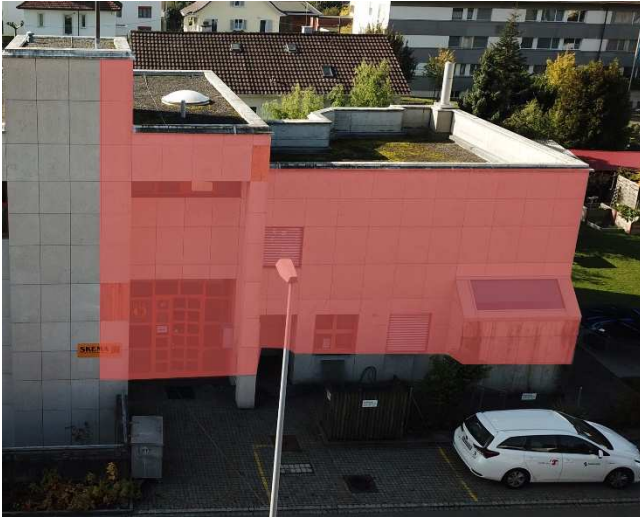


Rote Linie: Lage der Absperrung, ca. 2 m von der Wand entfernt. Die Absperrung muss stabil sein (beispielsweise können Baustellgitter oder rot-weißen Absperrlatten verwendet werden)

Plan 6: Fläche zu sichern mit Nezt



a) Fassade Nord



b) Fassade West



c) Fassade Süd



Rote Fläche: Sicherung mit Nezt. Das Nezt wird auf der Unterkonstruktion verankert.

Biegezugfestigkeit

Naturstein nach EN12372



Probe	Breite mm	Stärke mm	Bruchlast N	Biegezugfestigkeit N/mm ²
gebogen				
N1.1	76	41	1490.0	3.4
N1.2	77	41	906.0	2.1
N1.3	79	41	1513.0	3.4
N1.4	76	40	1545.0	3.6
N1.5	77	40	1728.0	4.1
N2.1	80	40	734.0	1.6
N2.2	79	40	719.0	1.6
N2.3	78	40	748.0	1.7
N2.4	78	40	686.0	1.6
N2.5	79	41	722.0	1.6
S2.1	88	46	1230.0	1.9
S2.2	90	46	960.0	1.5
S2.3	91	46	1170.0	1.8
S2.4	85	45	1220.0	2.0
S2.5	89	46	1330.0	2.1
Mittelwert			1113.4 ± 344.1	2.3 ± 0.8
Unterer Erwartungswert			551.9	1.1
nicht gebogen				
N3.1	94	44	1250.0	2.0
N3.2	91	43	1190.0	2.0
N3.3	91	43	1140.0	1.9
N3.4	90	44	1110.0	1.9
N3.5	97	44	980.0	1.5
O1.1	84	39	420.0	1.0
O1.2	89	44	1250.0	2.1
O1.3	89	44	1020.0	1.7
O1.4	90	44	1110.0	1.9
O1.5	86	44	1100.0	1.9
O2.1	88	45	1610.0	2.6
O2.2	90	45	1420.0	2.3
O2.3	91	46	1510.0	2.3
O2.4	94	45	1560.0	2.4
O2.5	91	45	1510.0	2.4
S1.1	86	45	1070.0	1.8
S1.2	88	46	1560.0	2.5
S1.3	89	45	1500.0	2.4
S1.4	88	46	1180.0	1.9
S1.5	88	46	1430.0	2.3
W1.1	87	44	1270.0	2.2
W1.2	90	44	1310.0	2.1
W1.3	92	45	1240.0	2.0
W1.4	87	45	1400.0	2.4
W1.5	88	44	1350.0	2.3
W2.1	93	44	1390.0	2.3
W2.2	88	45	1690.0	2.8
W2.3	88	45	1600.0	2.7
W2.4	95	44	1780.0	2.8
W2.5	93	44	1840.0	2.9
Mittelwert			1326.3 ± 279.1	2.2 ± 0.4
Unterer Erwartungswert			778.2	1.4

Ultraschallmessungen



Probe	Materialtyp	Dichte g/cm ³	V _p m/s
N1			
N1.1	Echinodermenkalk	2.442	2868
N1.2	Echinodermenkalk	2.472	2809
N1.3	Echinodermenkalk	2.431	3170
N1.4	Echinodermenkalk	2.455	3178
N1.5	Echinodermenkalk	2.499	3162
Mittelwert		2.460 ± 0.024	3037 ± 163
N2			
N2.1	Echinodermenkalk	2.427	2552
N2.2	Echinodermenkalk	2.384	2534
N2.3	Echinodermenkalk	2.440	2472
N2.4	Echinodermenkalk	2.430	2515
N2.5	Echinodermenkalk	2.364	2482
Mittelwert		2.409 ± 0.030	2511 ± 30

Fotographische Dokumentation

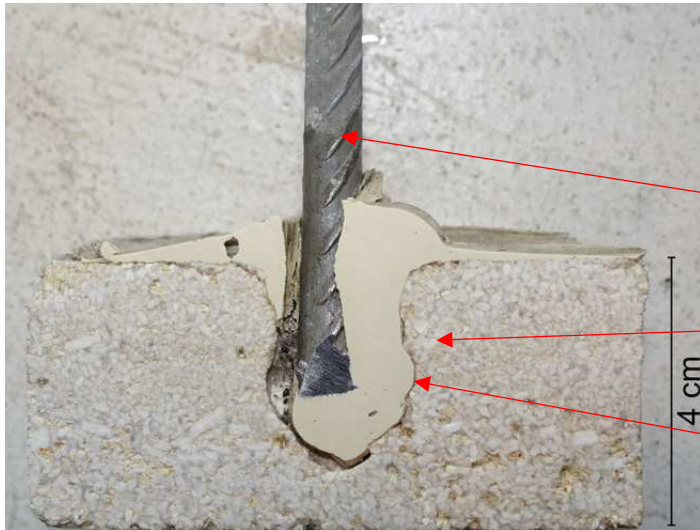


Foto 1

« System Kohler » Verankerungen

Die Platten sind an 4 Punkten mit Edelstahl-Armierungseisen (\varnothing 10 mm, gerippt) die leicht nach oben zeigen fixiert

Die vorgefundenen Verankerungen sind in einem birnenförmigen Loch eingeklebt, die Einbindtiefe beträgt ca. die Hälfte der Stärke der Platte

Vermutlich ein Polyesterkleber



Foto 2

Die grossformatigen Platten über Kopf (Ausmass 138 x 47 cm) sind an der Längsseite mit Schienen gestützt



Foto 3

Die maximal gemessene Verbiegung liegt bei ca. 13 mm

M102 Mikroskopische Beobachtungen



Probe Nr.	Material	Beobachtungen
N1	Kalkstein, gebogen Fotos M1, M2	Gesteinsart: Echinodermenkalk Zusammensetzung: rein Karbonatisch Kornform / Korngrösse: Kalzitkristalle eckig, ca. 2 mm. Fossilfragmente (Kalzit) bis 2 mm Grösse Gefüge: kompakt Kapillarporosität: niedrig Makroporen: viele Makroporen und Lücken zwischen Körnern. Länge bis 15 mm Gefügeschäden: Leichte Gefügauflockerung
N2	Kalkstein, gebogen Fotos M3, M4	Wie Probe N1 Makroporen: etliche Makroporen Schäden: fortgeschrittene Gefügauflockerung
N3	Kalkstein, nicht gebogen	Wie Probe N1 Makroporen: sehr viele Makroporen Schäden: keine
O2	Kalkstein, nicht gebogen Foto M5	Wie Probe N1 Makroporen: wenige Makroporen Schäden: keine
S1	Kalkstein, nicht gebogen Foto M6	Wie Probe N1 Makroporen: wenige Makroporen Schäden: keine
W2	Kalkstein, nicht gebogen	Wie Probe N1 Makroporen: wenige Makroporen Schäden: keine

M106 Fotodokumentation Mikroskopie

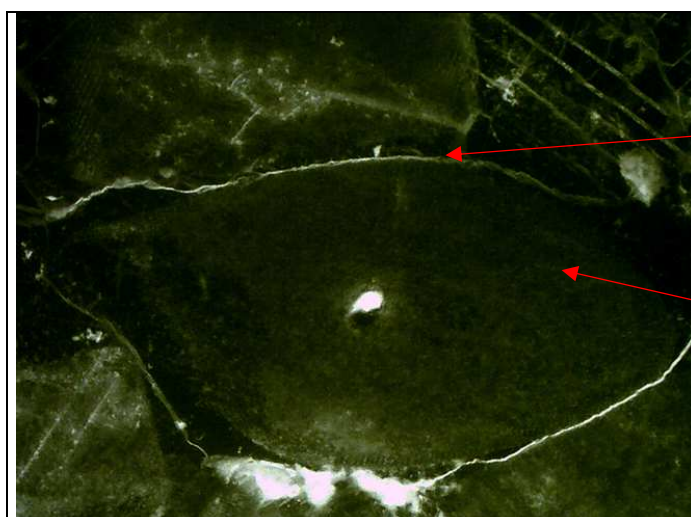


Photo M1 (Probe N1)

Die helle Umrandung zeigt einen Mikroriss um ein Echinodermenbruchstück, eine Folgerung der Auflockerung. Bei dieser Probe kommen diese Risse nur lokal vor

Echinodermenbruchstück (spindelförmig).

Bildbreite: 2 mm
Fluoreszenz

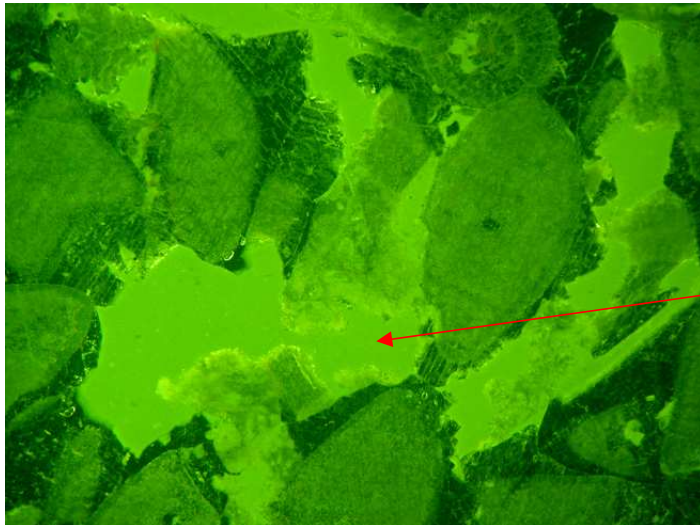


Foto M2 (Probe N1)

Grosse Poren kommen vor

Bildbreite: 6 mm
Fluoreszenz



Foto M3 (Probe N2)

Bei der Probe N2 sind die Risse zwischen den Körner häufig sichtbar

Bildbreite: 2 mm
Fluoreszenz

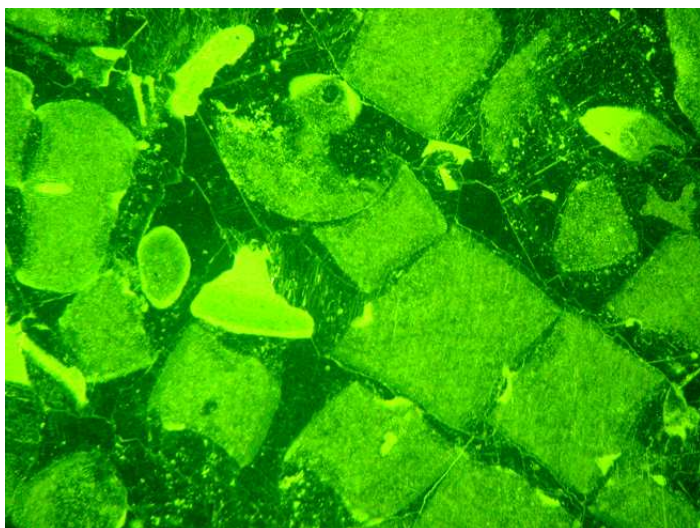


Foto M4 (Probe N2)

Bei der Probe N2 sind die Risse zwischen den Körner (Gefügebrauchung) verbreitet

Bildbreite: 6 mm
Fluoreszenz

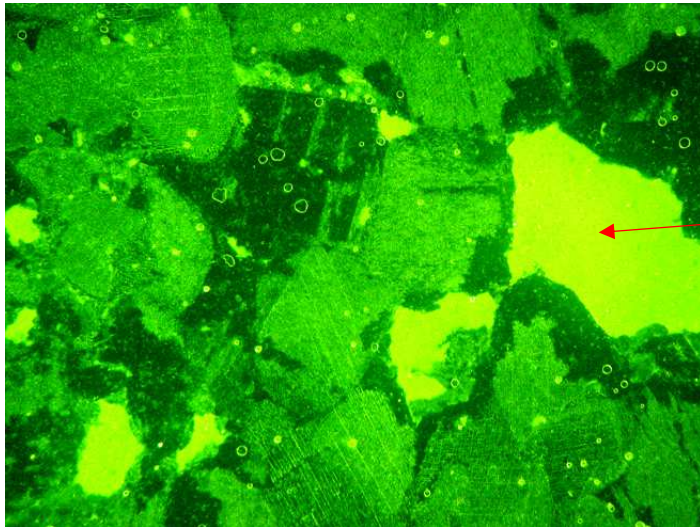


Foto M5 (Probe 02)

Probe 0 ist kompakt (Keine Gefügauflockerung)

Grosse Poren kommen lokal vor

Bildbreite: 6 mm
Fluoreszenz

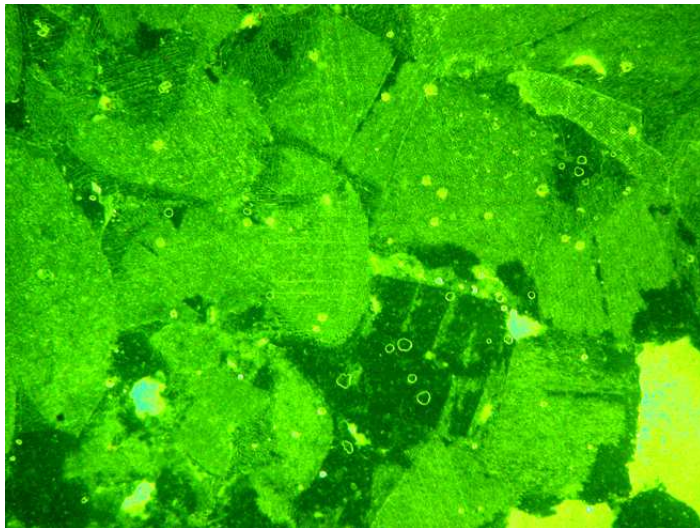


Foto M6 (Probe S1)

Probe S ist kompakt (Keine Gefügauflockerung)

Grosse Poren kommen lokal vor

Bildbreite: 6 mm
Fluoreszenz