

Woher hat der Marmor seine Farbe?

**Projektarbeit zum Wettbewerb
"Jugend Forscht/Schüler Experimentieren"**

von Cornelius Neuß und Silas Pollok

Christliches Gymnasium Jena

**SCHÜLER
FORSCHUNGS
ZENTRUM
JENA**

Jena, 20. Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Was ist Marmor?	3
3. Flammenfärbung mit dem Handspektrometer	4
4. Flammenfärbung mit dem Kobaltglas	5
5. Eisennachweis mit Blutlaugensalz	6
6. Besuch bei der Analytik Jena AG	8
7. Schlussfolgerung	14

Woher hat der Marmor seine Farbe?

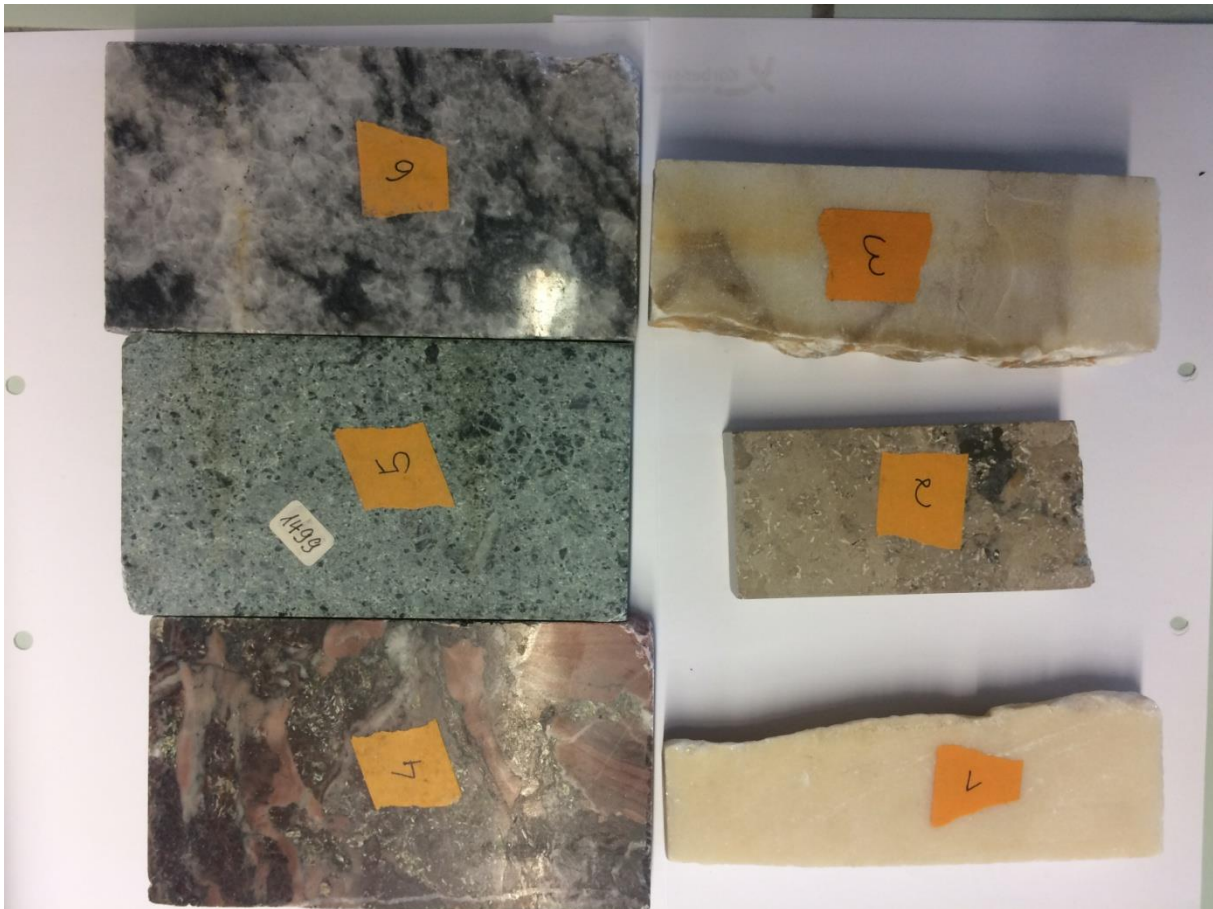
1. Einführung

In unserer Arbeit haben wir uns mit verschiedenfarbigen Marmorproben beschäftigt. Wir haben unterschiedliche Experimente durchgeführt, um herauszufinden, welche Stoffe dem Marmor seine Farbe gibt. Wir haben mit Flammenfärbung angefangen und danach unterschiedliche Ionennachweise (z.B. Eisennachweis) durchgeführt.

2. Was ist Marmor?

Marmor ist ein Gestein, welches aus meist aus den Mineralien Calcit, Dolomit und Aragonit besteht. Der Hauptbestandteil ist Calciumcarbonat. Wenn Kalkstein unter hohem Druck gepresst wird, entsteht Marmor. Marmor ist das Gestein, aber erst wenn 50% Volumenanteil des Steins aus den oben genannten Mineralien besteht.

Seine Farben erhält der Marmor durch Beimischungen anderer Stoffe. Rote Marmore werden zum Beispiel durch Hämatit gefärbt, gelbe bis braune zum Beispiel durch Limonit, bläuliche durch Graphit oder Bitumen, und grüne Marmore durch Chlorit oder Serpentinminerale.



Marmorproben (1-6)

3. Flammenfärbung mit dem Handspektrometer

In unserer Schule haben wir einen Flammenfärbungsversuch mit Handspektrometern durchgeführt, um die möglichen Inhaltsstoffe unseres Marmors herauszufinden.

Material:

Marmorproben 1-6, Mörser & Pistill, Bunsenbrenner, beschriftete Bechergläser mit Zahlen 1-6, Tüpfelplatte, Magnesiastäbchen, Salzsäure

Durchführung:

Als erstes haben wir Teile jedes Marmors mit dem Pistill von der großen Probe abgestoßen und dann weiter im Mörser zu Pulver zerkleinert. Danach haben wir jede Probe in ihr entsprechendes Becherglas und danach in eine Tüpfelplatte gefüllt, so dass wir die restlichen Pulverproben in den Bechergläsern noch für spätere Versuche verwenden konnten. Als nächstes haben wir zusätzlich noch ein Feld der Tüpfelplatte mit Salzsäure gefüllt, den Brenner eingeschaltet und das Magnesiastäbchen erst in Salzsäure und dann in die Marmorprobe getaucht. Als nächstes haben wir das Magnesiastäbchen mit der Marmorprobe in die Flamme des Bunsenbrenners gehalten und das mit allen weiteren Proben wiederholt. Dann haben wir alle Flammen durch ein Handspektrometer angeschaut und folgendes beobachtet.

Beobachtung:

Probe 1: hauptsächlich gelborange Natriumlinie, schwache Linie bei 540 (Calcium)

Probe 2: anfangs kurz rot, danach gelborange Linie

Probe 3: anfangs kurz rot danach kaum mehr eine Linie zu erkennen

Probe 4: rote und gelbe Linie (evtl. Bariumlinie)

Probe 5: nur gelborange Natriumlinie

Probe 6: rote und gelborange Natriumlinie

Auswertung:

Probe 1: bei dieser Probe sieht man hauptsächlich Natrium in der Flamme, außerdem ist auch eine grüne Linie zu sehen, welche auf Barium oder Calcium schließen könnte.

Probe 2: in der Flamme der Probe ist wieder einmal Natrium zu erkennen und ein roter Strich im Spektrometer welcher wahrscheinlich auf Calcium schließt

Probe 3: anfangs sieht man wahrscheinlich wieder die Calciumlinie, danach sieht man nichts mehr

Probe 4: in dieser Marmorprobe ist wieder Calcium und Strontium oder Barium zu sehen

Probe 5: bei dieser Marmorprobe sieht man nur eine Natriumlinie

Probe 6: bei dieser Probe ist Calcium und eine gelborange Linie, was wieder auf Natrium schließen lässt, zu sehen.

Bei allen Proben sieht man klar die Natriumlinie und bei den meisten Proben auch noch eine Calciumlinie, da Calciumcarbonat der Hauptbestandteil von Marmor ist.

4. Flammenfärbung mit dem Kobaltglas

Den Flammenfärbungsversuch haben wir in der Chemiedidaktik wiederholt. Statt einem Handspektrometer haben wir dieses Mal aber ein Kobaltglas benutzt, da man dadurch die Natriumflamme schwächer und andere Farben besser sieht. Dabei haben wir folgendes beobachtet:

Probe 1: violette und hellrote Flamme

Probe 2: hellrote und schwache violette Flamme

Probe 3: hellrote Flamme

Probe 4: hellrote und violette Flamme

Probe 5: anfangs Funken, rötlich, eventuell blau

Probe 6: Funken, violett, eventuell rot

Auswertung:

Probe 1: Die hellrote Flamme, die zu sehen ist lässt auf Calcium schließen und die violette auf Kalium.

Probe 2: Die hellroten und die violetten Flammen aus Probe 1 sind wieder zu sehen aber dieses Mal nicht so stark

Probe 3: Die hellrote Flamme ist wieder zu sehen und lässt wahrscheinlich wieder auf Calcium schließen

Probe 4: Die hellrote Flamme die wieder zu sehen ist lässt auf Calcium schließen und die violette auf Kalium.

Probe 5: Anfangs sieht man Funken was aber auf kein spezifisches Metall schließen lässt, erst die rötliche Flamme lässt auf Calcium oder Kalium schließen, die eventuelle blaue Flamme lässt auf Barium oder Strontium schließen, aber wahrscheinlicher auf Strontium.

Probe 6: Die Probe funkt und man sieht wieder die rote Calcium- und die violette Kaliumflamme.

In allen Proben sind etwa die gleichen Flammen zu sehen und bedeutet wahrscheinlich dass Calcium und Natrium die Hauptbestandteile sind. In manchen Proben sieht man noch etwas andere Flammen was wieder darauf schließen lässt, dass in allen Proben verschiedene Stoffe enthalten sind.

5. Eisennachweis mit Blutlaugensalz

Nachdem wir die Flammenfärbung abgeschlossen haben, haben wir einen Eisennachweis gemacht. Dazu haben wir Blutlaugensalz verwendet.

Materialien:

gemörserte Marmorproben, gelbes Blutlaugensalz($K_4 [Fe(CN)_6]$), rotes Blutlaugensalz ($K_3 [Fe(CN)_6]$), Tüpfelplatte, Pipetten

Durchführung:

Wir haben in die Tüpfelplatte in jeweils zwei Vertiefungen die Marmorproben gegeben. Dann haben wir auf jede Probe einmal mit rotem und einmal mit gelbem Blutlaugensalz getropft. Wenn sich die Probe blau färbt, ist darin Eisen enthalten. Je nach Intensität der Färbung kann man auch auf die Menge schließen.

Beobachtung:

Bei allen Proben hat es gesprudelt, als wir das Blutlaugensalz daraufgetropft haben.

Gelbes Blutlaugensalz (Eisen(III)-Ionen):

Probe 1: helle Blaufärbung

Probe 2: starke Blaufärbung

Probe 3: helle Blaufärbung

Probe 4: kaum Blaufärbung

Probe 5: mittlere Blaufärbung

Probe 6: kein erkennbarer Unterschied

Auswertung:

In den Proben 1 und 3 ist wenig und in Probe 2 viel Eisen enthalten.

Probe 5 liegt dazwischen und in Probe 4 ist noch weniger Eisen als in den Proben 1 und 3.

In Probe 6 ist überhaupt kein Eisen.

Rotes Blutlaugensalz(Eisen(II)-Ionen):

Probe 1: helle Blaufärbung

Probe 2: mittlere Blaufärbung

Probe 3: starke Blaufärbung

Probe 4: mittlere Blaufärbung

Probe 5: kaum Blaufärbung

Probe 6: kein erkennbarer Unterschied

Auswertung:

In Probe 6 ist kein Eisen, in Probe 5 ein bisschen und in Probe 1 noch etwas mehr. In den Proben 2 und 4 ist mehr Eisen als in Probe 1 und in Probe 3 am meisten. In Probe 6 ist gar kein Eisen.



Proben in der Tüpfelplatte aufgelöst

6. Besuch bei der Analytik Jena AG

Am 8.12.17 waren wir in der Analytik Jena AG. Dort haben wir ein Flammen-ICP-OES angefertigt, um die Bestandteile der Marmorproben herauszufinden.

Dazu haben wir die Proben gemörsert und gewogen.

Probe 1 0,629g

Probe 2 0,583g

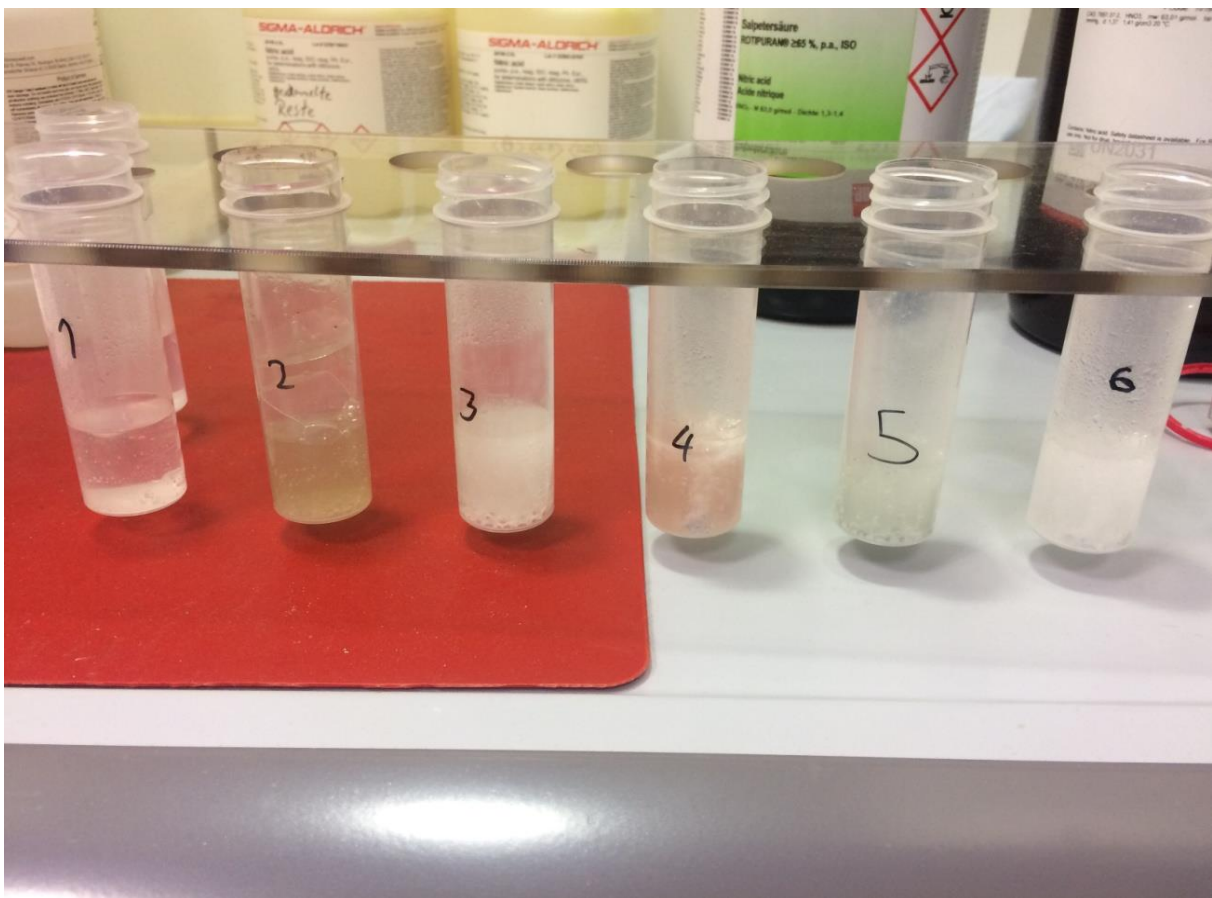
Probe 3 0,499g

Probe 4 0,582g

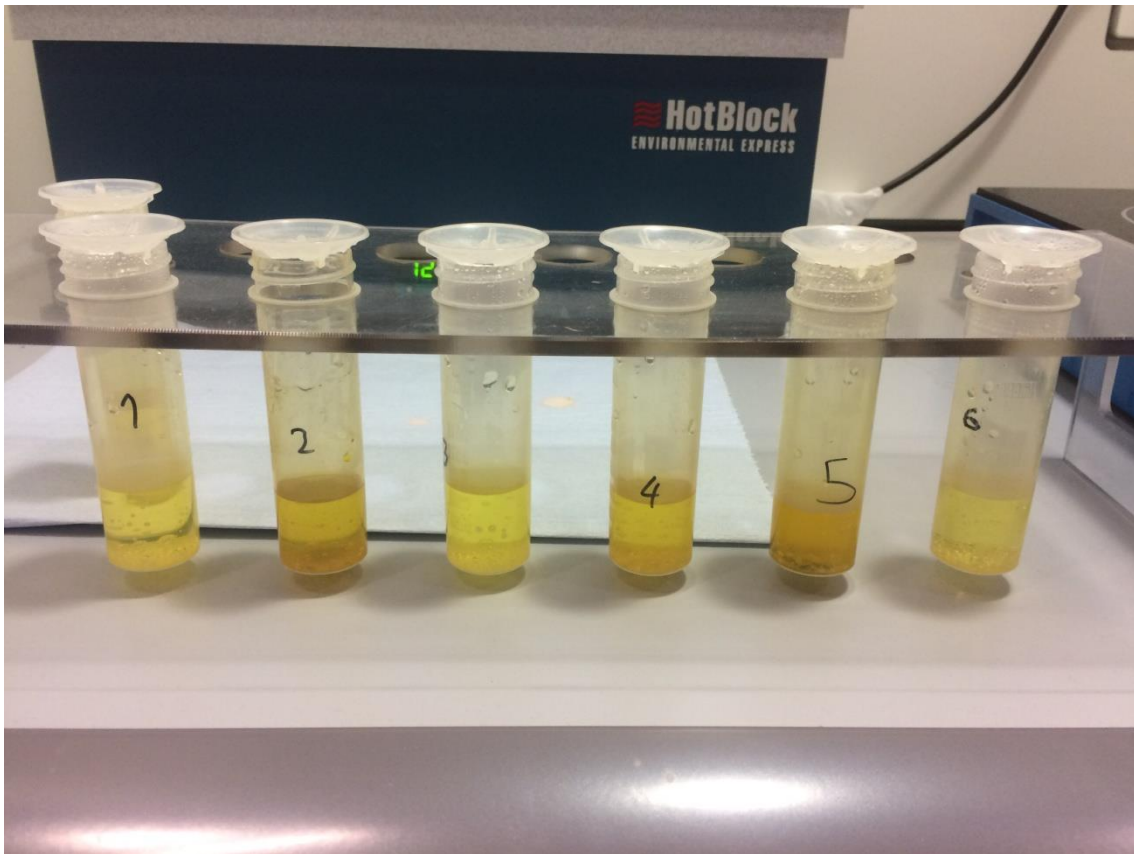
Probe 5 0,483g

Probe 6 0,511g

Dann haben wir auf jede Probe etwa 15 ml dest. Wasser gegeben. Außerdem haben wir eine Blindprobe angefertigt, also Wasser ohne Marmorprobe. Zu jeder Probe haben wir noch 5 ml Salzsäure und 2 ml Salpetersäure hinzugefügt. Wir haben die Proben warmgestellt, um die Reaktion zu beschleunigen. Die Proben haben sich unterschiedlich gut gelöst und leicht unterschiedliche Farben angenommen.



Proben vor dem Erhitzen

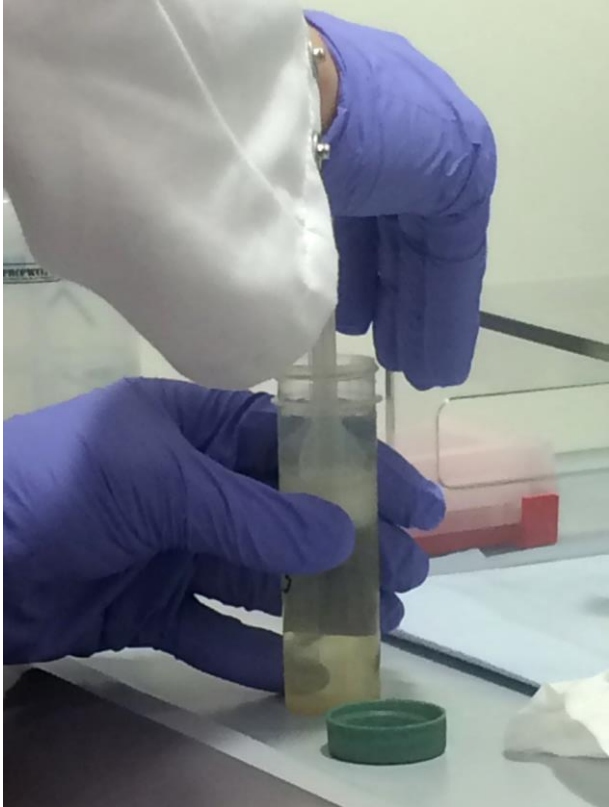


Proben nach dem Erhitzen

Eigenschaften der Proben nach dem Aufschluss

Probe 1	gut gelöst	hellgelb
Probe 2	schlecht gelöst	dunkelgelb
Probe 3	gut gelöst	hellgelb
Probe 4	mittelgut gelöst	gelb
Probe 5	sehr schlecht/kaum gelöst	dunkelgelb
Probe 6	gut gelöst	hellgelb

Dann haben wir alle Proben bis auf 50 ml mit dest. Wasser aufgefüllt und mit einem Einmalfilter gefiltert.



Der Filterprozess

Danach begannen die Messungen am Messgerät. Wir erstellten Standards für folgende Metalle:

Cobalt (Co), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Eisen (Fe), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Nickel(Ni), Blei(Pb), Titan(Ti), Vanadium(V), Zink(Zn), Arsen(As), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Antimon (Sb), Selen (Se), Strontium (Sr) und Tellur (Tl).

Dabei haben wir folgende Methodenparameter verwendet:

Geräteinstellungen und Methodenparameter

Tabelle 1: Geräteparameter

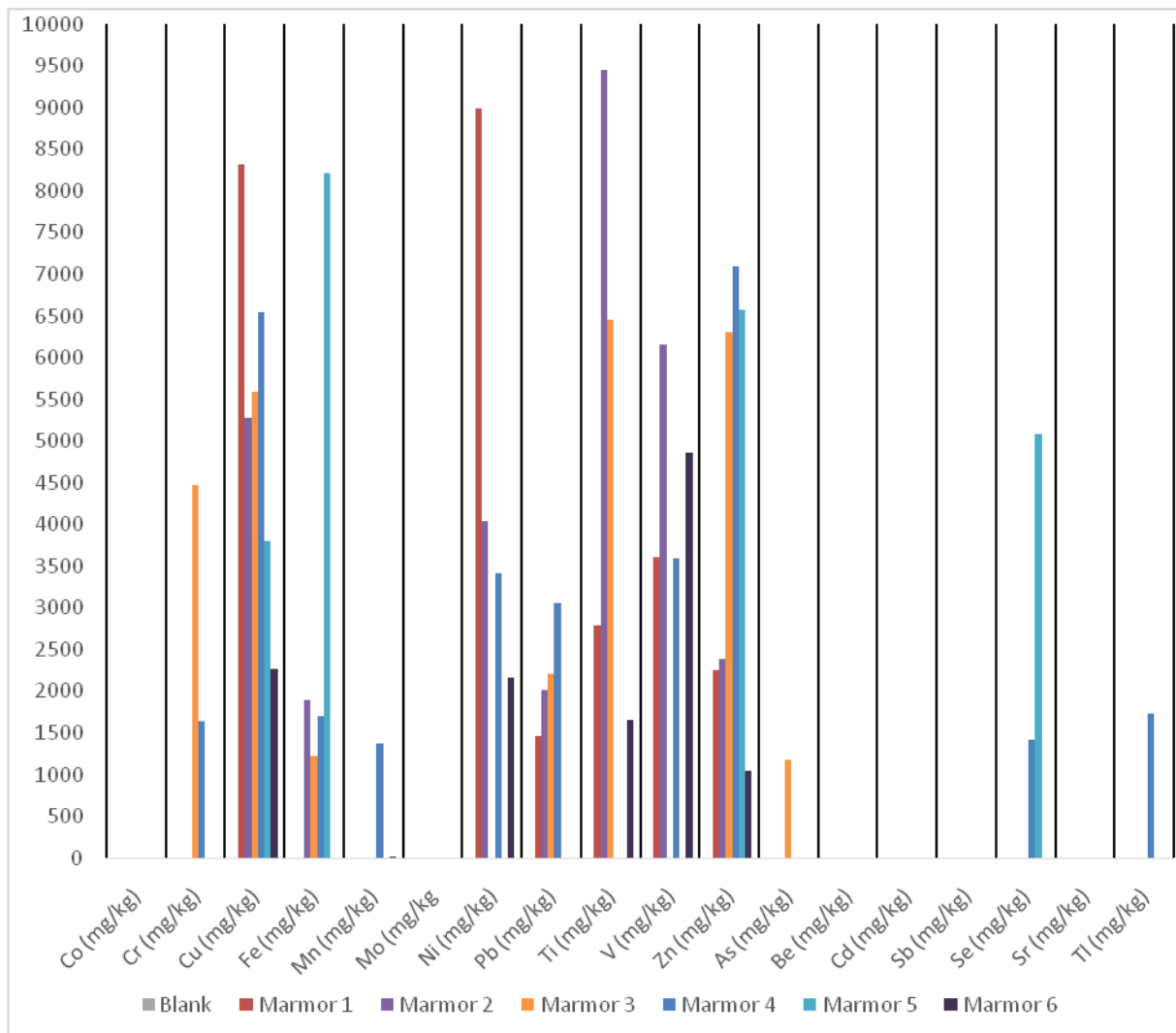
Parameter	Einstellung
Plasmaleistung	1200 W
Plasmagasfluss	12 L/min
Hilsgasfluss	0.5 L/min
Zerstäubergasfluss	0.6 L/min
Zerstäuber	Konzentrischer Zerstäuber, Borsilikatglas (1 mL/min)
Sprühkammer	Zyklonsprühkammer 50 mL, Borsilikatglas
Äußeres Rohr/ Inneres Rohr	Quarz/ Quarz
Injektorrohr	Quarz, Innendurchmesser 2 mm
Pumpschlauch	PVC
Pumprate	1 mL/min
Verzögerungszeit	50 s
Torchposition	0 mm

In der Tabelle und den nachfolgenden Diagrammen wird die Menge der einzelnen Stoffe in den Proben in Milligramm pro Kilogramm angegeben.

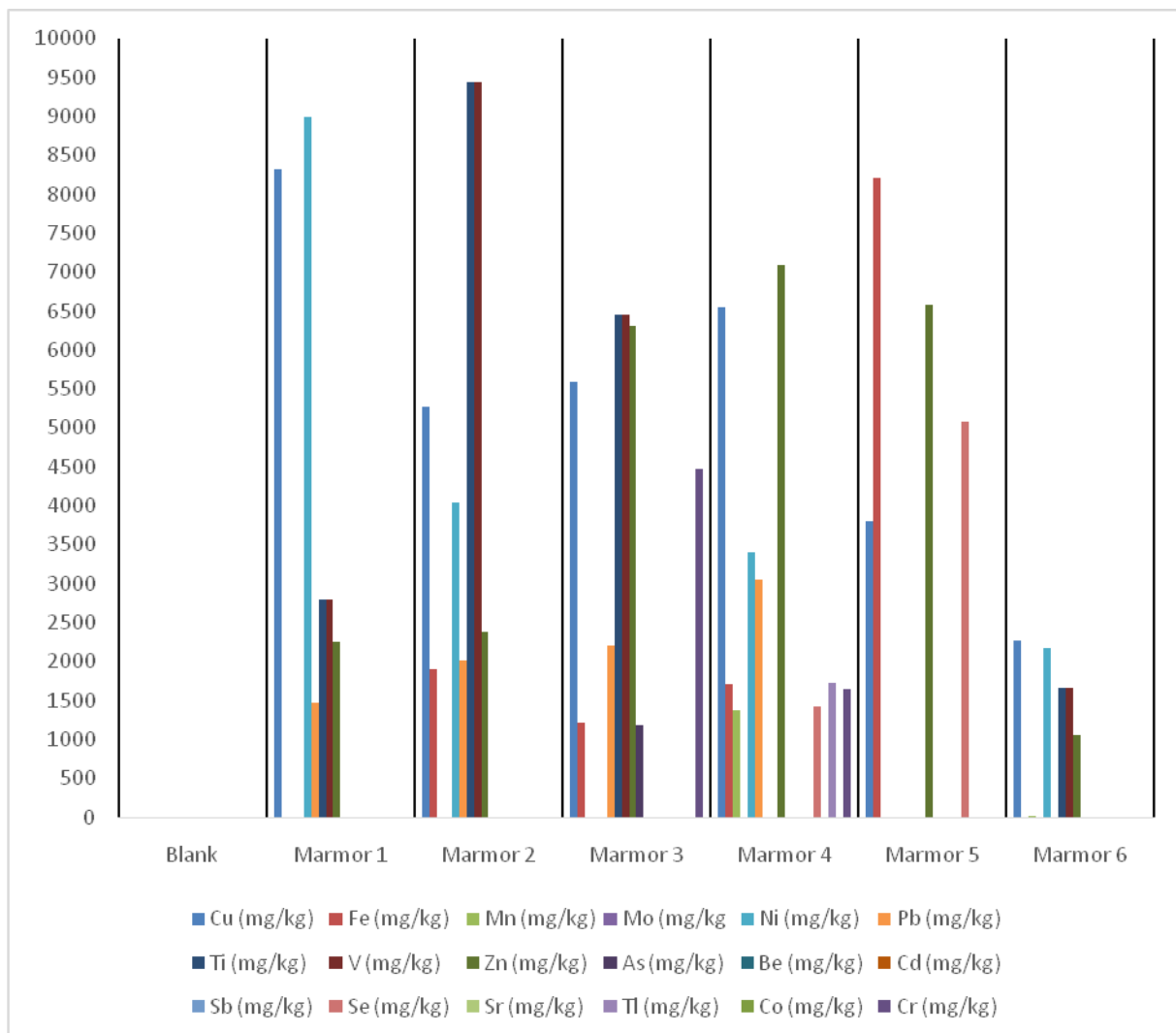
Name	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)
Blank	0.0000	0.0009	0.0156	0.0079	0.0007	0.0004
Marmor 1	0.2258	0.7270	8324,00	492.2	128.1	0.0698
Marmor 2	0.8441	0.9385	5279,00	1901,00	111.7	0.1283
Marmor 3	0.6125	4471,00	5598,00	1220,00	171.9	0.4535
Marmor 4	0.5939	1639,00	6546,00	1704,00	1378,00	0.0343
Marmor 5	14.46	379.0	3800,00	8212,00	613.3	0.5921
Marmor 6	0.1985	0.6698	2265,00	403.7	10,56	0.5624

Name	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Ti (mg/kg)	V (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)
Blank	0.0007	0.0005	0.0002	0.0002	0.0017	0.0005
Marmor 1	8992,00	1462,00	2795,00	3614,00	2248,00	0.1462
Marmor 2	4038,00	2010,00	9447,00	6159,00	2385,00	0.7313
Marmor 3	88.19	2204,00	6453,00	29.79	6305,00	1177,00
Marmor 4	3409,00	3056,00	40.00	3600,00	7099,00	0.2421
Marmor 5	289.1	0.8166	15.85	48.95	6573,00	0.0523
Marmor 6	2167,00	0.4237	1656,00	4858,00	1049,00	0.1753

Name	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Tl (mg/kg)
Blank	0.0000	0.0001	-0.0021	-0.0002	0.0001	-0.0014
Marmor 1	0.0054	0.0544	<KAL	0.1524	131.9	0.1237
Marmor 2	0.0480	0.0295	<KAL	0.9473	122.0	0.2402
Marmor 3	0.0288	0.0490	<KAL	0.6507	145.7	0.1249
Marmor 4	0.1259	0.0886	0.0932	1417,00	191.3	1732,00
Marmor 5	0.0180	0.0484	<KAL	5081,00	245.6	0.4952
Marmor 6	0.0101	0.0254	<KAL	0.3043	225.6	0.0013



Metallgehalte der Marmorproben



Unterschiede in den Metallgehalten

Auswertung:

Die Tabelle bzw. die Diagramme zeigen vor allem, dass der Eisennachweis mit dem gelben Blutlaugensalz richtige Ergebnisse gebracht hat. Außerdem ist in Probe 1 viel Nickel und Kupfer. In Probe 2 ist viel Kobalt und Titan. Probe 3 enthält viel Chrom und Arsen. In Probe 4 ist viel Mangan und Blei enthalten, in Probe 5 Eisen. Bei Probe 6 gibt es keine besonders auffälligen Werte.



Rote Flammenfärbung durch Calcium (Probe 1)

7. Schlussfolgerung

Durch unsere Experimente haben wir herausgefunden, dass bestimmte Metalle den Marmor anders färben. Je mehr ein bestimmtes Metall vorhanden ist, desto mehr hat der Marmor die Farbe dieses Metalls. Gerade durch unseren letzten Versuch in der Analytik Jena AG ist uns klar geworden, welche Metalle den Marmor wie färben. Zum Beispiel erhält Probe 4 seine Färbung durch sehr viel enthaltenes Mangan.

Quellen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Marmor>

(Einführungstext)

Wir danken:

AG Chemiedidaktik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Dr. Markus Teuscher

Analytik Jena AG, Andreas Becker

Schülerforschungszentrum Jena, Dr. Christina Walther