



Magische Bilder

für die Sekundarstufe I

Vorwort

Ästhetischer, technischer und naturwissenschaftlicher Zugang

In dieser Unterrichtseinheit geht es darum, magische Bilder zu kreieren und fotografisch festzuhalten. Die Lernenden führen die Versuche selber durch, somit können sie die technische Frage „Wie geht das?“ beantworten. Die Frage „Warum geht das?“ führt zum Phänomen Magnetismus. Das Phänomen Magnetismus kann mit den magischen Bildern sichtbar gemacht werden. Es ist spannend den naturwissenschaftlichen Hintergrund zu den Bildern aufzuklären.

Die magischen Bilder eröffnen den Schülerinnen und Schülern einen ästhetischen Zugang zur Technik und zu naturwissenschaftlichen Phänomenen. Der ästhetische Zugang kann Jugendliche ansprechen, die eine Neigung für musische Fächer haben. Die Schülerinnen und Schüler fotografieren die kreierten Bilder und dokumentieren die verschiedenen Arbeitsschritte z.B. mit einem Smartphone, somit können die Fotos ausgewählten Personen (z.B. Eltern) gezeigt und erläutert werden. Die Jugendlichen können das Gelernte mit ihrem Alltag verknüpfen.

Das Material für das Experiment zu den magischen Bildern kann relativ einfach beschafft werden. Das Experiment zur Entwicklung der magischen Bilder ist einfach durchzuführen. Die Resultate sind gut und faszinierend.

Wir danken der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), den Kabelwerken Brugg AG und dem Paul Scherrer Institut für die finanzielle Unterstützung bei der Ausarbeitung der Unterrichtseinheit.

1) Lernziele/Kompetenzen

Die Lernenden können im Rahmen des Experiments „Magische Bilder“

- die Vorgehensweise und die Resultate dokumentieren und kommentieren.
- die Vorgehensweise optimieren.
- die Bilder aus ästhetischer Perspektive beschreiben.
- den physikalisch-chemischen Hintergrund zu den Bildern erklären.
- die Fotos der magischen Bilder Personen aus ihrem Alltag präsentieren und erläutern.



2) Ablauf der Unterrichtseinheit

Je mehr Zeit veranschlagt wird, desto mehr magische Bilder können die Lernenden kreieren. Steht mehr Zeit zur Verfügung, kann auch tiefgründiger gelernt werden.

Zeit	Phase	Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler
75 – 140 Minuten	Versuchsdurchführung	Bilder kreieren Vorgehensweise variieren und optimieren Entstehungsprozess und Bilder fotografisch dokumentieren und kommentieren
15 – 40 Minuten	Theorie und Präsentation	Physikalisch-chemische Hintergründe zu den Bildern erkennen Bilder präsentieren und erläutern

3) Rahmenbedingungen

Das Experiment zu den magischen Bildern kann dem Thema Magnetismus zugeordnet werden. Es eignet sich als Einstieg oder als Abschluss.

Vorbereitung

Die Durchführung des Versuchs zu den magischen Bildern ist einfach und gelingt mit hoher Wahrscheinlichkeit. Probieren Sie den Versuch vorgängig aus! Damit können Sie die Lernenden optimal begleiten.

Gruppengröße

Ideal sind zwei Schülerinnen / zwei Schüler pro Gruppe. Folgende Aufgaben können auf die Gruppenmitglieder verteilt werden:

- Versuch durchführen
- fotografieren (am besten zu zweit: Eine Person hält die Lupe, die andere fotografiert)
- Text zu den einzelnen Versuchsschritten schreiben

Die Lehrperson achtet darauf, dass sich die Lernenden in ihren Tätigkeiten abwechseln.

Bei Fragen wenden Sie sich an

matthias.vonarx@fhnw.ch

Wir wünschen Ihnen und ihrer Klasse viel Freude mit den magischen Bildern.

Miriam Herrmann, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz

Fabian Oefner, Fotograf, www.fabianoefner.com

Matthias von Arx, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Pädagogische Hochschule der Fachhochschule Nordwestschweiz



4) Material

Besorgen Sie das Material, das die Klasse zur Durchführung des Versuchs braucht, so früh wie möglich. Die Angaben sind pro 2er-Gruppe oder pro Klasse (20 Schülerinnen und Schüler) aufgeführt.

Material	Bezugsquelle	Kosten
<u>Ferrofluid</u> (Magnetische Nanopartikel in einer Trägersubstanz): <ul style="list-style-type: none"> • 10 ml pro Fläschchen • 2 bis 3 Fläschchen Ferrofluid reichen für eine Klasse 	supermagnete.ch	25.70 Fr. für 2 Fläschchen
<u>Einweg-Handschuhe</u> : aus Latex, um die Glasplatte mit einem Papiertuch vom Ferrofluid zu reinigen.	Laden	9.95 Fr. für 100 Stück; 2.50 für 10 Stück
<u>Magnete</u> : <ul style="list-style-type: none"> • Quadermagnet (15x15x8 mm, NdFeB, N42, vernickelt) • 10 Quadermagnete pro Klasse 	supermagnete.ch	2.45 Fr. pro Stück; 24.50 für 10 Stücke
<u>Schutzbrille</u> (Brille eines Brillenträgers schützt auch)	Do-it-yourself-Laden oder Schule	4.95.- Fr. pro Stück
<u>Wasserfarben</u> : <ul style="list-style-type: none"> • Tuben (z. B. für die Bauernmalerei) • pro Bild maximal 5 Farben, pro Klasse 5 bis 10 Farben 	Do-it-yourself-Laden oder Schule	2.75 Fr. pro kleine Tube; 19.25 Fr. für sieben Tuben
<u>Kleine Farbmischpalette</u> aus Plastik, um Farben mit Wasser zu verdünnen <ul style="list-style-type: none"> • 1 pro Gruppe 	Do-it-yourself-Laden oder Schule	9.50 Fr. für ein 10er Pack
<u>Wasserglas</u> (oder Plastikbecher): <ul style="list-style-type: none"> • um die Wasserfarben mit Wasser zu verdünnen • 1 pro Gruppe, 10 pro Klasse 	Schule	-----
<u>Kaffeeührstäbchen</u> aus Plastik, um Farbe mit Wasser zu vermischen: 1 Stück pro Farbe (etwa 5 Stücke pro Gruppe)	Laden	2.30 Fr. für 100 Stück
<u>Glasplatte</u> (zuschneiden lassen oder von Bilderrahmen): <ul style="list-style-type: none"> • Fensterglas (mit glatter Oberfläche ist einfacher zu reinigen) • 10 x 15 cm • 1 pro Gruppe, 10 pro Klasse 	Do-it-yourself-Laden	9.- Fr. für 10 zugeschnittene Fenstergläser
<u>Holzkeile oder Plastilin</u> : (um die Glasplatte höher zu lagern, Holzkeil: 13cm lang , 2cm breit, 3cm hoch)	Do-it-yourself-Laden	2.95 Fr. für Plastilin
<u>Doppelseitiges starkes Klebband</u> : <ul style="list-style-type: none"> • 1 Rolle pro Klasse • 50 – 100 kg / m 	Do-it-yourself-Laden	10.- Fr.



<u>Karton, beschichtete Spanplatte oder Vollkernplatte:</u> (Karton eignet sich gut. Auf der Kartonplatte wird das Magnet mit doppelseitigem Klebband befestigt.) <ul style="list-style-type: none"> • etwa A4-Format • 1 pro Gruppe, 10 pro Klasse 	Papeterie Do-it-yourself-Laden	4.- Fr. für Karton oder 40.- Fr. für Vollkernplatten
<u>Spritze mit Nadel</u> für die Zugabe der Wasserfarben zum Ferrofluid <ul style="list-style-type: none"> • Nadel: Durchmesser mal Länge: ideal 0.9 x 40 mm • Spritzengrösse: 1 ml • 1 pro Gruppe, 10 pro Klasse 	Drogerie	0.15 Fr. pro Nadel, 0.30 Fr. pro Spritze; 4.50 Fr. pro Klasse
<u>Weisses Papier</u> (unter die Glasplatte legen): <ul style="list-style-type: none"> • Auf Glasplattengrösse zuschneiden, 10 Blätter pro Klasse 	Schule	-----
<u>Kamera</u> (Smartphone, Handy mit Kamera oder Digitalkamera) <ul style="list-style-type: none"> • 1 – 2 pro Gruppe 	Von Schülerinnen und Schülern / Lehrperson	-----
<u>Lupe:</u> kleine Einschlaglupe ist ideal oder grössere Handlupe für das Fotografieren der magischen Bilder: <ul style="list-style-type: none"> • Vergrößerungsfaktor: etwa 8 mal • 10 pro Klasse 	Schule	-----
<u>Kosmetiktücher oder Haushaltpapier</u> <ul style="list-style-type: none"> • um Bilder von der Glasplatte weg zu wischen • 1 oder mehr Schachteln / Rollen pro Klasse 	Laden	1.00 Fr. pro Stück
<u>Zeitungen</u> als Unterlage	Schule	-----

Weiteres fakultatives Material

Material	Bezugsquelle	Kosten
<u>Magnete:</u> Es können zusätzlich weitere Magnettypen verwendet werden. Immer Neodym-Magnete wählen, Ferrit-Magnete sind zu schwach. <ul style="list-style-type: none"> • 10-15 mm Seitenlänge bzw. Durchmesser • verschiedene Dicken (1 mm-8 mm) • verschiedene Formen (Quader, Scheiben, Ringe) 	supermagnete.ch	mengenabhängig
<u>Schere</u> um weisses A4-Papier auf Glasplattengrösse zuzuschneiden, (eventuell macht dies die Lehrperson). <ul style="list-style-type: none"> • 1 pro Gruppe, 10 pro Klasse 	Schule	-----
<u>Tischlampe</u> oder <u>Taschenlampe</u> (für das Fotografieren): 10 pro Klasse	Schule / Schülerinnen und Schüler	-----
<u>Farbdrucker</u> (um die gemachten Fotos auszudrucken)	Schule	-----
<u>Projektor</u> (Beamer oder Tageslichtprojektor; Papiausdrucke der Fotos sind auch möglich oder Fotos auf dem Smartphone-Display)	Schule	-----
<u>Arbeitskleider</u> sind nicht unbedingt nötig, wenn die Schüler vorsichtig arbeiten. Das Ferrofluid lässt sich aufgrund seiner öligen Konsistenz nur schlecht aus Kleidern entfernen.	Schülerinnen, Schüler	-----



5) Sicherheitshinweise

- a) Spritzennadelspitze: Die Lehrperson muss die Lernenden vor der scharfen Nadelspitze warnen. Ausführliche Sicherheitshinweise zu den Magneten und zum Ferrofluid sind auch der Lieferung beigelegt und auf der Internetseite supermagnete.ch aufgeschaltet.
- b) Quetschungen: Die Lehrperson muss die Lernenden warnen, die Finger nicht zwischen zwei Magneten einzuklemmen. Sie klebt pro Gruppe einen Magneten mit einem starken Doppelklebband auf die Platte (Karton-, Span- oder Vollkernplatte) auf. Die Magnete können mit Scheren, Uhren und Gurtschnallen zusammen prallen.
- c) Erklärung: Vergleich für die Haftkraft der verwendeten Magnete ist: Die Haftkraft von 76 N ist vergleichbar mit einem 7.6 kg schweren Stein, der auf einer Fingerspitze balanciert wird. Die Lehrperson kann einen schweren Stein in den Unterricht bringen, um die Haftkraft zu veranschaulichen.
- d) Formel für die (Haft-) Kraft „ F “ = $76 \text{ N} = m \cdot g = 7.6 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
Der durch die Magnete ausgeübte Druck ist gross, weil die Magnete eine grosse Haftkraft ausüben und die Haut des eingeklemmten Fingers eine kleine Fläche ist.
Formel für den Druck $p = \frac{F}{A} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$
- e) Nickel-Allergie: Die Lehrperson klärt ab, ob jemand eine Nickel-Allergie hat. Am Ende des Versuchs können die Lernenden die Hände waschen.
- f) Ferrofluid: Gelangt Ferrofluid auf die Hände, sollen die Hände mit Wasser und Seife gewaschen werden. Das Ferrofluid verfärbt die Haut dunkel. Es können Handschuhe getragen werden. Nicht einnehmen. Das Ferrofluid hinterlässt Flecken auf nicht glatten Oberflächen. Es empfiehlt sich vor dem Einsatz des Ferrofluids mit einer Klasse zu testen, ob das Ferrofluid von den Oberflächen (z.B. Spülbecken) mit Benzin entfernt werden kann.
- g) Herzschrittmacher: Magnete können die Funktion von Herzschrittmachern beeinflussen.
- h) Metall-Splitter: Prallen zwei Magnete zusammen, können sie zersplittern. Splitter können die Augen verletzen. Bei der Handhabung von grossen Magneten ist eine Schutzbrille zu tragen.
- i) Magnetisches Feld: Das Magnetfeld kann elektronische Geräte, Kreditkarten, mechanische Uhren und Lautsprecher beschädigen.
- j) Schutzbrille: Die Brille bietet Schutz vor möglichen Splitter von zwei Magneten, die zusammenprallen und vor möglicher Hornhautverfärbung durch Ferrofluid, wenn es in die Augen gelangt.
- k) Handschuhe: Die Handschuhe bieten Schutz vor einer möglichen Verfärbung der Haut durch das Ferrofluid und vor einer möglichen Nickel-Allergie, die durch die Beschichtung der Magnete hervorgerufen werden kann.
- l) Allgemein: Wird der Versuch das erste Mal durchgeführt, können / sollten die Lehrperson und die Schülerinnen und Schüler eine Schutzbrille und Handschuhe tragen. Für weitere Versuche kann die Lehrperson je nach Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler abschätzen, ob eine Schutzbrille und Handschuhe nötig sind.



6) Versuchsdurchführung (75 – 140 Minuten)

Die Lehrperson kündigt an, dass im Unterricht etwas Schönes gemacht werde. Sie sagt den Schülerinnen und Schülern, dass sie Künstlerinnen, Technikerinnen und Naturwissenschaftlerinnen in einer Person sein werden. Weiter weckt die Lehrperson die Vorfreude und Spannung der Schülerinnen und Schüler, indem sie sagt, dass Fotos von magischen Bildern aus dem Unterricht mitgenommen werden können.

Schülerfragen

Die Fragen der Schülerinnen und Schüler lässt die Lehrperson während der Versuchsdurchführung vorerst noch unbeantwortet stehen. Somit wird das Bedürfnis der Lernenden gesteigert, die naturwissenschaftlichen Hintergründe von den magischen Bildern aufzudecken. Die Lehrperson kann die Schülerinnen und Schüler auffordern, Fragen zum Versuch zu notieren.

6.1 Versuchsdurchführung

a) Material

Eine Materialliste mit den Bezugsquellen und den Kosten ist diesen Unterlagen für die Lehrperson beigelegt. Eine Materialliste ist auch in der Anleitung für die Schülerinnen und Schüler zu finden.

b) Vorgehen

Die Lehrperson zeigt das Material für den Versuch und erklärt kurz das Vorgehen. Die schriftlichen Angaben für die Schülerinnen und Schüler zur Versuchsdurchführung bestehen aus einer Anleitung mit den Arbeitsschritten und aus einer Abbildung des Versuchsaufbaus.

c) Tipps

Die Lehrperson kann den Schülerinnen und Schülern folgende Tipps geben:

Spritze reinigen: Wasser mit der Spritze aufziehen und ausstossen, um die Spritze und Spritzennadel von einer bestimmten Farbe zu reinigen.

Luftblasen in Spritzennadel: Mit dem Finger leicht auf die Spritze klopfen, damit die Luftblasen aufsteigen.

Wasserfarben verdünnen: Die Lernenden können ausprobieren, was die ideale Verdünnung der Wasserfarbe ist.

Distanz Lupe-Kamera: Die magischen Bilder werden für das Fotografieren mit einer Lupe vergrößert. Die ideale Distanz zwischen der Lupe und der Kamera muss ermittelt werden.

Vielfalt der magischen Bilder: Die Lehrperson kann die Schülerinnen und Schüler auffordern, die magischen Bilder der anderen Gruppen anzuschauen.



d) Variation des Vorgehens

Die Lehrperson fordert die Schülerinnen und Schüler auf, das Vorgehen zu variieren. Folgende Punkte können variiert werden:

- Grad der Verdünnung der Wasserfarben mit Wasser
- Verhältnis der Menge Ferrofluid : Wasserfarben (Die Lernenden verbessern das Verhältnis automatisch.)
- Ort auf der Glasplatte für die Zugabe des Ferrofluids und der Wasserfarben (Das Ferrofluid wird aus der Pipette gesogen, was ein faszinierender Moment ist.)
- Anzahl verschiedener Wasserfarben und Menge pro Farbe
- Abstand der Glasplatte zum Magnet (Die Glasplatte kann mit den Holzkeilen / dem Plastilin etwas angehoben werden, was zu einer Veränderung der Stachelgrösse des Ferrofluids führt oder zu einer Veränderung des Labyrinth-Effekts).

6.2 Vorgehen dokumentieren

a) Fotos

Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren die einzelnen Arbeitsschritte fortlaufend mithilfe einer Kamera eines Smartphones oder Handys. Die Lernenden bringen via Smartphone die Fotos der magischen Bilder aus dem Schulzimmer in ihre Lebenswelt hinaus. Das Smartphone hat für die Jugendlichen die Funktion eines persönlichen Recorders. Es kann auch als Türöffner für technische und naturwissenschaftliche Aspekte fungieren.

Es kann Lernende geben, die kein Smartphone oder Handy haben. Die Lehrperson kann diesen Jugendlichen eine Digitalkamera ausleihen, oder die Betroffenen leihen einen Fotoapparat bei einer Person aus ihrem Umfeld aus. Die Digitalkamera liefert eine etwas bessere Qualität der Bilder, als das Smartphone.

b) Text

Die Fotos werden mit einem Text kommentiert. Die Lernenden beschreiben sowohl das Vorgehen als auch das Ergebnis der verschiedenen Versuchsschritte möglichst genau. Was passiert beispielsweise, wenn das Ferrofluid auf die Glasplatte gegeben wird? Was passiert nach der Zugabe von Wasserfarben? Wie wurde das Vorgehen verändert und verbessert?



6.3 Künstlerische Sicht

Die Schülerinnen und Schüler notieren Gedanken zu Fragen der Farbkombination und der Muster der magischen Bilder: Gefällt das Bild? Gibt es Farbkombinationen, die besonders gefallen? Was sind die persönlichen Vorlieben? Wie weit sind die Bilder reproduzierbar? Folgende Kriterien für die Bildbetrachtung können hinzugezogen werden:

- Assoziationen, Vergleiche, Analogien: z.B. Muster von Stoffen / Textilien, Aborigines-Bilder, elektronische Chips
- Formales, Strukturen („schwarz-weiss“-Betrachtung): regelmässige, zellenartige Muster („Labyrinth-Effekt“)
- Farbkontrast: z.B. Komplementärfarben (wie grün-rot, blau-orange, violett-gelb), die Spannung erzeugen, aber auch die Einheit steigern
- Farbqualität: reine Farben (kraftvoll, knallig), trübe Farben
- Farbmenge: Menge einer bestimmten Farbe



7) Theorie und Präsentation (15 – 40 Minuten)

7.1 Naturwissenschaftliche Erklärung

Die Lehrperson beantwortet im weiteren Unterrichtsverlauf Fragen von Schülerinnen und Schülern zum naturwissenschaftlichen Hintergrund der magischen Bilder. Kann die Lehrperson eine Schülerfrage nicht beantworten, macht das nichts. Entweder recherchiert die Lehrperson oder der Fragende nach einer Antwort. Eine Frage kann auch einfach als interessante Frage stehen gelassen werden. Für wissenschaftliche Untersuchungen ist typisch, dass nicht alle Fragen beantwortet werden können und dass im Verlaufe der Untersuchungen neue Fragen auftauchen.

Die Schülerinnen und Schüler notieren in eigenen Worten eine naturwissenschaftliche Erklärung zum Labyrinth-Effekt. Die Lehrperson fordert einige Lernende auf, ihre Notizen im Klassenverband vorzulesen. Sie würdigt die Beiträge und ergänzt, wenn nötig. Es folgen die Fachkenntnisse für die naturwissenschaftliche Erklärung der magischen Bilder.

a) Stachelförmige Struktur des Ferrofluids

Das Ferrofluid ist ein Öl, in welchem sehr kleine magnetische Partikel schwimmen. Ein Tropfen Ferrofluid wird auf eine Glasplatte gegossen. Unter der Glasplatte befindet sich ein Magnet. Das Ferrofluid bildet im Magnetfeld stachelartige Strukturen. Die dreidimensionale Struktur wird durch die sich ausrichtenden Magnetfelder der einzelnen, sehr kleinen Eisenteilchen im Ferrofluid hervorgerufen (siehe untenstehende Abbildung, die auch in der Anleitung für die Schülerinnen und Schüler zu finden ist). Nanopartikel sind etwa 50'000 Mal kleiner als der Durchmesser eines Haares. Eisen heisst auf lateinisch „ferrum“ und auf französisch „le fer“, daher stammt das Wort „Ferrofluid“. „Fluid“ bedeutet Flüssigkeit.

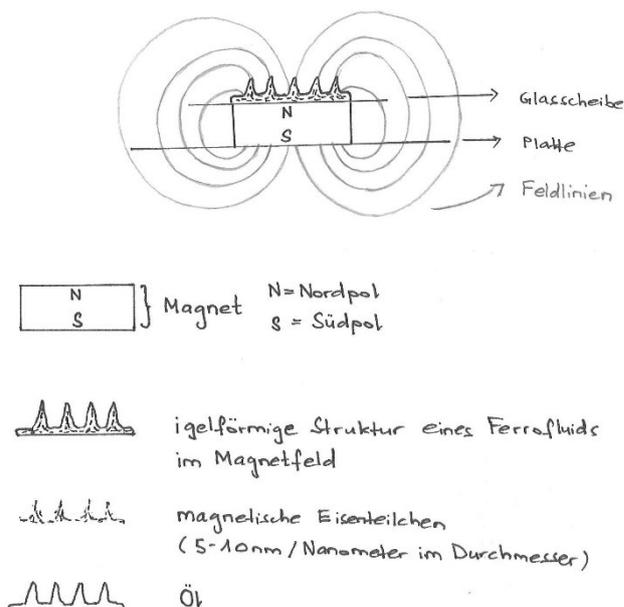


Abbildung 1: Stachelförmige Struktur eines Ferrofluids.



b) Labyrinth-Effekt

Wasserfarben werden mit einer Spritzennadel in die Stacheln des schwarzen Ferrofluids gespritzt. Farbige Bänder entstehen, weil die Wasserfarbe und das Öl nicht mischbar sind (siehe farbiges, magisches Bild oben rechts auf dieser Seite und untenstehendes Bild einer Schülerin). Die Farben bilden ein zellenartiges Muster, die einem Labyrinth ähneln, weil das Öl kleine magnetische Partikel enthält. Der Magnet unter der Glasplatte bewirkt, dass sich die magnetischen Eisenteilchen im Ferrofluid labyrinthartig anordnen. Vereinfacht gesagt, ziehen sich die magnetischen Eisenteilchen im Öl gegenseitig an, dadurch bilden sie Fäden, was zum Labyrinth-Effekt führt. Das magische Bild ist klein, es hat die Grösse eines Daumennagels.



Abbildung 2: Magisches Bild einer Schülerin. Die schwarzen Banden bestehen aus dem Ferrofluid, die farbigen Strukturen wurden mit Wasserfarben kreiert.

Die magischen Bilder sind nur beschränkt reproduzierbar. Es ist Zufall, wie sich die magnetischen Plättchen im Ferrofluid anordnen.



7.2 Präsentation der Fotos

Die Schülerinnen und Schüler zeigen als Hausaufgabe die Fotos ausgewählten Personen. Sie kommentieren die Bilder aus drei verschiedenen Perspektiven:

- Ästhetische Perspektive: Die Fotos aus einem künstlerischen Blickwinkel kommentieren.
- Technische Perspektive: Erläutern, wie die Bilder kreiert wurden.
- Naturwissenschaftliche Perspektive: Erklären, wie es zur stachelförmigen Struktur des Ferrofluids und zum Labyrinth-Effekt kommt.

Zurück in der Schule werden die mit der Hausaufgabe gemachten Erfahrungen ausgetauscht. Wem wurden die Fotos gezeigt? Wie haben die Betrachter auf die Fotos reagiert? Was war einfach, was war schwierig zu erklären?

Die Lehrperson kann die Schülerinnen und Schüler fragen, was sie am Versuch zu den magischen Bildern am meisten fasziniert hat.

7.3 Abschluss

Als Abschluss können Bilder von Fabian Oefner, Fotograf und Künstler, projiziert werden. Die Bilder sind unter www.fabianoefner.com aufgeschaltet.

Die Lehrperson kann den Lernenden Parallelen zwischen dem Vorgehen beim Kreieren der Bilder und dem Schaffensprozess von Technikerinnen und Künstlerinnen aufzeigen:

- ausprobieren
- optimieren
- entwickeln
- fertigen

Fabian Oefner (www.fabianoefner.com) ist Fotograf. Er hat die vorgestellte Methode für das Kreieren der Bilder entwickelt. Fabian Oefner putzt jeweils viel, wenn er eine neue Idee entwickelt.

Nun fordert die Lehrperson die Schülerinnen und Schüler auf, ebenfalls zu putzen und aufzuräumen. Das ölähnliche Ferrofluid kann mit Hilfe von Benzin weggeputzt werden. Aceton eignet sich, um Gegenstände von Wasserfarben zu reinigen. Die Spritzennadeln müssen mit dem aufgesetzten Plastikschutz entsorgt werden.



8) Begleitung

8.1 Feldlinien

Die farbigen Muster der magischen Bilder sind nicht die Feldlinien.

Mit folgenden zwei Methoden wird gezeigt, wie Feldlinien sichtbar gemacht werden können.

a) Platte mit Flüssigkeit gefüllt

Es gibt Platten, die mit Flüssigkeit gefüllt sind. Die Flüssigkeit enthält Eisenspäne. Hält man einen Magneten (rot und blau) an die Platte, ordnen sich die Eisenspäne gemäss den Feldlinien an (siehe untenstehende Abbildung).



Abbildung 3: Eisenspäne in einer mit Flüssigkeit gefüllten Platte machen die Feldlinien sichtbar.

b) Glasplatte auf Holzquader

Eine Glasplatte wird auf Holzquader gestellt. Auf die Glasplatte werden Eisenspäne gegeben. Unter der Glasplatte liegt ein grün-roter Magnet. Die Eisenspäne werden verteilt, indem man mit dem Finger schwach an die Glasplatte klopft. Die Anordnung der Eisenspäne macht die Feldlinien sichtbar (siehe untenstehende Abbildung).

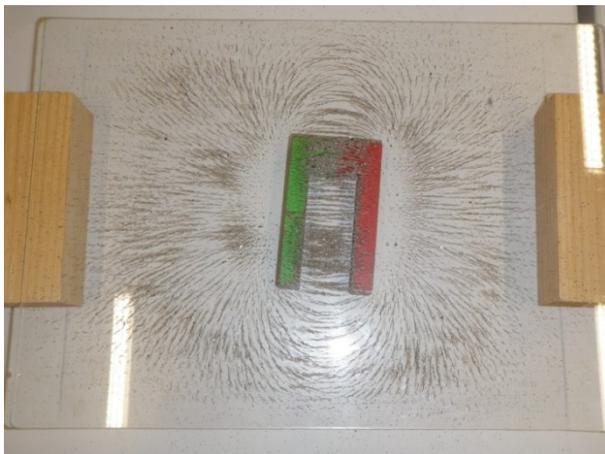


Abbildung 4: Eisenspäne auf einer Glasplatte machen die Feldlinien sichtbar.



8.2 Verwendung von Ferrofluid

Das Ferrofluid wird z.B. für High-Tech-Lautsprecher, für die Krebsdiagnose, die Krebstherapie und flüssige (verschleissfreie) Dichtungen verwendet.