

Unterrichtsfach Physik Frühjahr 2007, Aufgabe 3, „Optik“

1. *Erläutern Sie anhand von zwei Modellen aus der Optik die Bedeutung von Modellen als Konzept der Naturwissenschaft „Physik“. Gehen Sie auf die Grenzen der von Ihnen angeführten Modelle ein.*

a) Was ist überhaupt ein „Modell“?

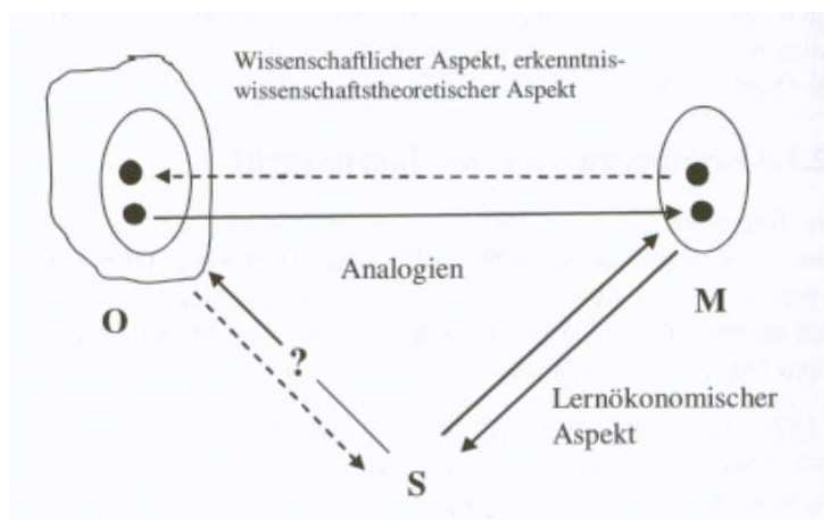
Ein Modell ist ein Konstrukt zur Beschreibung von Wirklichkeit. Die Bedeutung des Modellbegriffs besagt, dass alle theoretischen Konstrukte als Modell oder Modellvorstellung bezeichnet werden. Unter die Bezeichnung „Modell“ fallen vorläufige Vorstellungen von Schülern und vorläufige Konstrukte der Wissenschaft. Unter den Aspekt der Wissenschaft gehören etwa Hypothesen (z.B. die Entstehung des Kosmos), die experimentell getestet werden sollen, und zuverlässige Theorien (z.B. die newtonsche Mechanik). Unter die Bezeichnung „Modell“ fallen aber auch theoretische Konstrukte, die in der Physik bereits als solches bezeichnet werden, wie z.B. das „Modell des Massepunktes“.

b) Formale Darstellung:

Definition:

„Ein Modell M ist ein von einem Subjekt S für bestimmte Zwecke benutzter bzw. geschaffener Gegenstand oder ein theoretisches Konstrukt M der Art, dass zu bestimmten Elementen von M Analogien zu Elementen des Objektes O bestehen.“

In der unteren Grafik (aus „Physikdidaktik. Theorie und Praxis“ von Kircher, Girwidz, Häußler) sind die Beziehung zwischen dem realen Objekt (O), dem Modell (M) und seinem Benutzer oder Subjekt (S) dargestellt.



Zwischen dem Modell und dem Objekt bestehen korrespondierende Beziehungen (Analogien).

Beziehungen zwischen Modell und Objekt:

- **Abbildungsmerkmal:**
Zwischen dem Objekt und dem Modell besteht eine eindeutige Relation. In der neueren erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Sicht wird das theoretische Modell mit Hilfe von Experimenten auf das Objekt abgebildet.
- **Verkürzungsmerkmal:**
Nicht alle Elemente des Objekts sind im Modell abgebildet (und umgekehrt). Das Modell besitzt Grenzen.

c) Modelle in der Optik:

Im Laufe der Zeit wurden fünf unterschiedliche Modelle des Lichts entwickelt, um das Verhalten des Lichts besser erklären zu können:

- das Strahlenmodell
- das Wellenmodell nach Huygens
- das Teilchenmodell nach Newton
- das Photonenmodell und
- das Zeigermodell nach Feynman

In dieser Aufgabe wird jedoch nur auf das Strahlen- und das Wellenmodell näher eingegangen. Das Strahlenmodell und das Wellenmodell gehören beide zu den ikonischen Modellen. Das Strahlenmodell fällt unter die Idealisierung der Realität und das Wellenmodell unter die Vorstellung mit geringem Bezug zur Realität.

d) Bedeutung und Funktionen von Modellen in der Naturwissenschaft:

Mit Hilfe von Modellen können zahlreiche physikalische Phänomene erklärt werden. Modelle dienen dabei als Hilfsmittel um komplizierte Phänomene zu vereinfachen und somit leichter zu erklären und zu beschreiben. Die Konstruktion theoretischer Modelle ist ein wesentlicher Teil der Arbeit der Physiker (insbesondere der theoretischen Physiker). Theoretische Modelle sind gedankliche Konstrukte / Theorien über reale oder fiktive Gegenstände oder Vorgänge. Hierzu gehören z.B. physikalische Theorien über die Natur des Lichts (Strahlenmodell, Wellenmodell,...) oder der Aufbau des Atoms (Atommodell). Eine weitere Funktion von Modellen ist, dass man durch sie Vorhersagen machen kann. Solche können qualitativer oder quantitativer Natur sein. Eine Hypothese auf Grund eines Modells muss allerdings immer am Experiment bestätigt werden. Das ist eine bedeutende Vorgehensweise in den Naturwissenschaften. Mit Hilfe von Modellen kann man bspw. Voraussagen über die Klimaentwicklung machen oder sie können bei der Entwicklung technischer Geräte (z.B. Fernseher) und Anlagen (z.B. Kraftwerke) hilfreich sein. Modelle dienen auch dazu Naturwissenschaftlern bei der Erkenntnisgewinnung (heuristische Funktion) und bei der Erkenntnisbeschreibung zu helfen. In der Physik treten stets Wie- und Warum-Fragen auf. Zur Beantwortung der Wie-Fragen werden allgemeine Aussagen aufgestellt, Gesetze formuliert und geprüft, wodurch dann Voraussagen gemacht werden können. Um die Warum-Fragen zu klären werden Modellvorstellungen und Theorien aufgestellt.

e) Ziele eines Lernens über die Modelle des Lichts: (aus „Physik Methodik, Handbuch für die Sekundarstufe I und II“ von Silke Mikelskis-Seifert)

Wissen zum Erklärungswert der Modelle:

- Das Strahlenmodell dient der Erklärung der Reflexion und der Brechung. Mit diesem Modell lässt sich die Bildentstehung an Linsen und Spiegeln besonders einfach physikalisch beschreiben.
- Das Wellenmodell kann ebenfalls die optische Reflexion und Brechung erklären und darüber hinaus die Dispersion und Interferenz.

Modellspezifisches Wissen:

- Strahlenmodell: Es wird angenommen, dass Licht aus Lichtstrahlen besteht, die keine Breite haben. Licht breitet sich im homogenen Medium stets geradlinig aus. Sich kreuzende Lichtstrahlen beeinflussen einander nicht. Ein Lichtstrahl stellt eine Idealisierung dar und wird dementsprechend als unendlich dünn angesehen. Lichtwege sind umkehrbar.
- Wellenmodell: Es wird angenommen, dass Licht aus elektromagnetischen Wellen besteht, die kein Trägermedium zur Ausbreitung benötigen. Bei Überlagerung von Lichtwellen gilt das Huygens'sche Prinzip. Die Intensität von Lichtwellen kann sich daher auslöschen und verstärken.

f) Probleme:

Ein Modell ist keine realitätsgetreue Darstellung, denn gewisse Informationen müssen weggelassen werden, um die Komplexität eines Phänomens zu vereinfachen und somit besser verständlich zu machen. Deshalb unterliegen Modelle einem prinzipiellen Konflikt, denn einerseits sollen sie ein Phänomen möglichst einfach beschreiben und andererseits sollen sie aber auch das „Reale“ darstellen.

g) Grenzen der beiden Modelle:

Das Strahlenmodell des Lichts wurde bei der Entwicklung von Spiegeln, Brillen, Mikroskopen und Fernrohren eingesetzt. Auch viele Erscheinungen, die im täglichen Leben eine wichtige Rolle spielen, wie etwa die Sonnen- und die Mondfinsternisse können damit erklärt werden. Weiterhin kann man damit das Reflexions- und das Brechungsgesetz aufstellen. Jedoch liefert das Strahlenmodell keine Begründung für die Gesetze. Erscheinungen wie Interferenz und Beugung lassen sich damit jedoch nicht verstehen, wohl aber mit dem Wellenmodell. Bei Wellen beobachtet man ebenfalls Reflexion und Brechung. Mit Hilfe des Huygens'schen Prinzips aus der Wellenvorstellung lassen sich Reflexions- und Brechungsgesetz auch theoretisch begründen. Man kann sagen, dass man mit dem Wellenmodell alle beschreibbaren Beobachtungen des Strahlenmodells begründen kann. Jedoch weist das Wellenmodell ebenfalls Grenzen auf. Der Photoeffekt kann mit dem Wellenmodell nicht erklärt werden. Erst die Annahme einer Quantenstruktur des Lichts erlaubt die Deutung des Photoeffekts.

2. Beschreiben Sie ein Lehrer- und ein Schülerexperiment zum Thema Lichtbrechung.

Lehrerexperiment: „Ein Münze taucht auf“

Für dieses Experiment benötigt der Lehrer:

- eine Tasse
- eine Münze
- etwas Tesafilm
- Wasser
- eine Kamera.

Versuchsdurchführung:

Zuerst wird die Münze mit etwas Tesafilm am Boden der leeren Tasse festgeklebt. Dann bringt der Lehrer die Kamera in Position. Sie soll hier einen Beobachter, nämlich den Schüler darstellen. Die Kamera dient dazu, dass alle Schüler das Gleiche sehen. Außerdem ist damit das Problem behoben, dass ein beobachtender Schüler während der Versuchsdurchführung sein Kopf bewegen könnte. Dieser müsste so über den Rand der Tasse schauen, dass die Münze gerade nicht mehr gesehen werden kann, d.h. sie ist hinter dem Rand der Tasse „verschwunden“. Diese Funktion des Schülers übernimmt hier die Kamera. Anschließend gießt der Lehrer langsam Wasser in die Tasse. Dadurch „taucht“ die Münze langsam wieder auf. Je höher das Wasser steigt, desto mehr sieht man von der Münze.

Schülerexperiment: „Optische Scheibe“

Für diese Experiment benötigt man:

- eine Lichtquelle mit Schlitzblende (die einen Lichtfächer erzeugt) für den Experimentiertisch
- einen halbzylinderförmigen Glaskörper
- eine Kopie einer optischen Scheibe mit Winkelmarkierungen

Bei diesem Experiment sollte man die Schüler in Kleingruppen von max. 3 Personen einteilen. Bevor die Schüler mit der Versuchsdurchführung anfangen, ist es von Vorteil, wenn der Lehrer zunächst ein Arbeitsblatt austeilt, auf dem der Versuchsaufbau (Skizze), die Versuchsdurchführung und ein Ergebnisteil angegeben sind. Dadurch wird vermieden, dass es beim Versuchsaufbau zu Unstimmigkeiten kommt. Des Weiteren können die Schüler durch konkrete Anweisungen auf dem Arbeitsblatt das Experiment selbstständiger durchführen und müssen somit nicht immer den Lehrer fragen, was sie denn eigentlich zu tun haben. Der Lehrer kann dadurch besser auf die einzelnen Gruppen eingehen, evtl. Hilfestellungen geben und kontrollieren, ob die Schüler ihre Messungen richtig und zudem sauber protokollieren.

Versuchsdurchführung:

Zunächst einmal sollen die Schüler die Geräte richtig auf den Tisch legen, wobei sie den halbzylinderförmigen Körper in der Mitte der optischen Scheibe legen. Dann lassen sie von einer Lichtquelle mit Schlitzblende Licht auf einen halbzylinderförmigen Körper fallen, wobei auf dem Papier der Lichtweg sichtbar wird. Beispielsweise kann man hierfür zunächst einen Plexiglaskörper und anschließend einen mit Wasser gefüllten Plastikkörper nehmen. Durch Verschieben der Lichtquelle kann dann schrittweise der Einfallswinkel verändert werden. Mit Buntstiften sollen dann die Schüler den Verlauf des Lichtbündels nachzeichnen. Die Aufgabe der Schüler ist es den Brechungswinkel in Abhängigkeit vom Einfallswinkel zu messen und ihre Messergebnisse in einer Tabelle festzuhalten. Anschließend sollen die Schüler auch noch ihre Beobachtungen festhalten und ihre Versuchsergebnisse interpretieren. Durch eine anschließende Besprechung des Versuchs, kann der Lehrer überprüfen, ob alle Schüler das Experiment und die dadurch erzielten Ergebnisse richtig verstanden haben.

3. *Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema Reflexion. Gehen Sie dabei insbesondere auf die eingesetzten Experimente ein. Formulieren Sie Grob- und Feinlernziele.*

Das Thema „Reflexion des Lichts“ wird in der siebten Jahrgangsstufe der Realschule behandelt. Unter das Thema fallen die Bereiche

- Reflexion (=gerichtete Reflexion) in Abgrenzung zur Streuung (=diffuse Reflexion)
- Reflexionsgesetz: Einfallender und reflektierter Strahl liegen mit dem Einfallslot in einer Ebene; Einfalls- und Reflexionswinkel sind gleich groß; Umkehrbarkeit des Lichtweges
- Spiegelbild und seine Eigenschaften; Anwendungen

Lernvoraussetzungen:

Die Schüler wissen, dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Sie haben in den vorangehenden Stunden den Unterschied zwischen diffuser und gerichteter Reflexion kennen gelernt und kennen Beispiele dazu. Weiterhin kennen die Schüler das Modell des Lichtstrahls und wissen, dass es nur die gedankliche Vorstellung vereinfachen soll. Des Weiteren wissen die Schüler, wie man Versuche durchführt und Ergebnisse richtig festhält.

Lernziele:

Grobziel:

Die Schüler sollen das Reflexionsgesetz kennen lernen.

Feinziele:

Die Schüler sollen wissen, dass

- das einfallendes Lichtbündel, das reflektierte Lichtbündel und das Einfallslot in einer Ebene liegen
- Einfallswinkel und Reflexionswinkel gleich groß sind
- der Lichtweg umkehrbar ist

Die Schüler sollen die Begriffe einfallendes Lichtbündel, reflektiertes Lichtbündel, Einfallslot, Einfallswinkel und Reflexionswinkel erklären und in einer Zeichnung darstellen können.

Unterrichtsphasen:

1. Einstieg / Motivation:

Ein Schüler soll mit einem Geodreieck (oder seiner Uhr) einen Mitschüler blenden (nur bei Sonnenschein möglich!). Der Schüler soll daraufhin erklären, wie er sein Ziel, also seinen Mitschüler, trifft. Die Schüler sollen dadurch erkennen, dass es mit dem Sonnenstand, der Stellung des Geodreiecks und der Position des Ziels zu tun hat. Nun muss aber noch die Frage geklärt werden, wie denn eigentlich die Lichtstrahlen bei diesem Experiment verlaufen (Problemstellung).

2. Erarbeitung / Problemlösung:

Die Schüler werden in Zweiergruppen aufgeteilt, um dann ein Schülerexperiment durchzuführen. Hierzu werden vom Lehrer die einzelnen Gerätschaften auf einem Tisch bereitgelegt, die sich die Schüler nur noch holen müssen. Jede Gruppe benötigt hierfür einen Taschenspiegel, eine Lichtquelle mit Schlitzblende (die einen Lichtfächer erzeugt), ein Geodreieck, einen Bleistift, verschiedenfarbige Stifte und eine Kopie einer optischen Scheibe. Bevor die Schüler jedoch mit dem Experiment anfangen, teilt der Lehrer ein Aufgabenblatt (siehe Anhang 2) aus, auf dem die Versuchsmaterialien aufgelistet, der Versuchsaufbau dargestellt und die Versuchsergebnisse festgehalten werden können. Nachdem sich die Schüler ihre Materialien geholt und bereitgelegt haben, wird der Raum verdunkelt und die Schüler führen den Versuch zum Reflexionsgesetz durch. Währenddessen kann der Lehrer herumgehen, auf mögliche Fragen eingehen und evtl. Hilfestellungen geben, und die einzelnen Gruppen beobachten.

Nachdem alle Schüler ihr Aufgabenblatt ausgefüllt und die Fragen beantwortet haben, wird das Experiment gemeinsam besprochen, so dass alle Schüler dieselben Ergebnisse in ihrem Aufgabenblatt stehen haben. Zudem sollen in einem Lehrer-Schüler-Gespräch die einzelnen Ergebnisse diskutiert werden.

3. Sicherung:

Der Lehrer teilt ein weiteres Aufgabenblatt an die Schüler aus. Hierauf ist ein Lückentext zu finden (Inhalt geht über den Versuch zum Reflexionsgesetz), den die Schüler nun alleine ausfüllen sollen. Zudem ist auf dem Aufgabenblatt eine unbeschriftete Zeichnung (siehe Anhang 1) vorhanden, welche die Schüler beschriften sollen. Dadurch kann jeder Schüler sein erlerntes Wissen selbst überprüfen. Nachdem alle Schüler das Blatt ausgefüllt haben, legt der Lehrer eine Folie mit der richtigen Lösung auf. Hierdurch kann jeder Schüler seine eigene Lösung vergleichen und bei Unstimmigkeiten nochmals den Lehrer fragen. Wichtig ist, dass die Schüler am Ende der Stunde folgendes über das Reflexionsgesetz gelernt haben:

- Einfallendes Lichtbündel, reflektiertes Lichtbündel und Einfallslot liegen in einer Ebene

- der Winkel, den das einfallende Lichtbündel und das Einfallslot einschließen (= Einfallswinkel α) ist genauso groß wie der Winkel zwischen dem Einfallslot und dem reflektierten Lichtbündel (= Reflexionswinkel β). Allgemein ausgedrückt: $\alpha = \beta$
- Umkehrbarkeit des Lichtweges

4. Vertiefung:

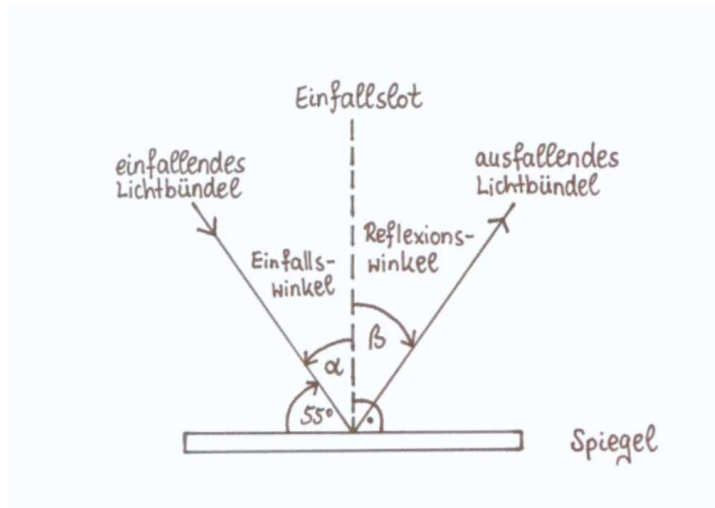
Aufgabe:

Ein Lichtbündel fällt unter einem Winkel von 55° (Winkel zwischen Spiegel und einfallenden Lichtbündel) auf einen ebenen Spiegel. Konstruiere das reflektierte Lichtbündel. Wie groß sind Einfallswinkel α und Reflexionswinkel β ? Vergiss nicht die Beschriftung deiner Zeichnung. Erkläre deine Vorgehensweise.

Lösung:

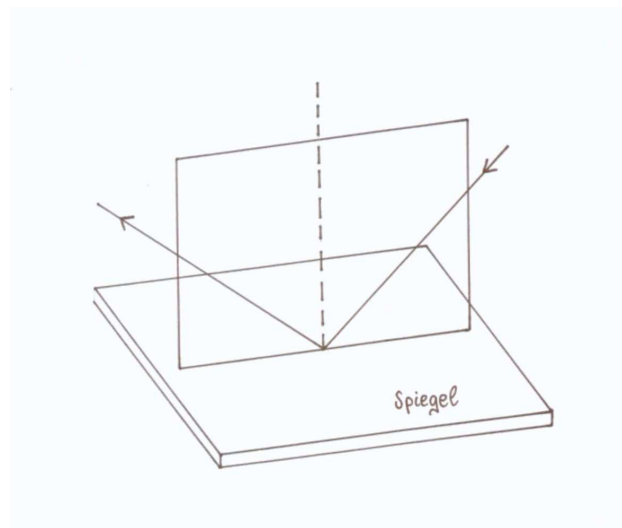
Wir zeichnen eine Senkrechte zum Spiegel im Auftreffpunkt (Lotfußpunkt). Dann tragen wir mit einem Geodreieck von der Senkrechten zur anderen Seite einen Winkel von 35° ab. Einfallswinkel α und Reflexionswinkel β sind gleich groß ($=35^\circ$).

Wichtige Beschriftungen: Einfallslot, einfallendes Lichtbündel, ausfallendes Lichtbündel (Richtung soll mit Pfeilen dargestellt werden), Einfallswinkel α und Reflexionswinkel β



Anhang:

Anhang 1:

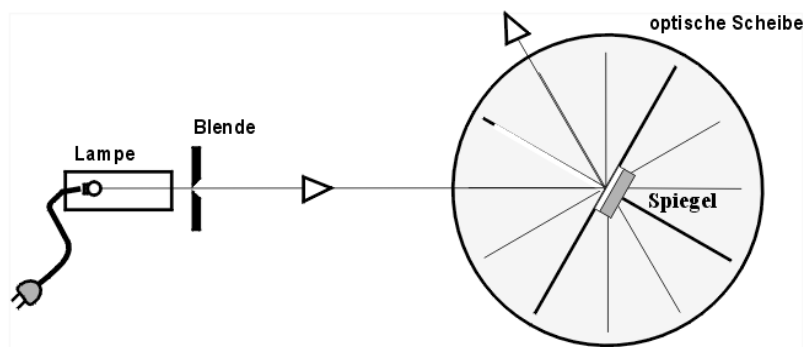


Versuch zum Reflexionsgesetz

Versuchsmaterialien:

- einen Taschenspiegel
- eine Lichtquelle (die einen Lichtfächer erzeugt) mit Schlitzblende
- ein Geodreieck
- einen Bleistift und verschiedenfarbige Stifte
- eine Kopie einer optischen Scheibe

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

Legt den Spiegel in die Mitte der optischen Scheibe. Lasst das Licht entsprechend der Winkeleinteilung über das Blatt zum Lotfußpunkt auf den Spiegel fallen. Indem ihr die Lichtquelle verschiebt, kann schrittweise der Einfalls- und Ausfallswinkel verändert werden. (Hinweis: Mit Einfalls- und Reflexionswinkel sind die Winkel zwischen dem Einfallslot und dem einfallenden bzw. ausfallenden Lichtbündel gemeint). Zeichnet den Verlauf des Lichtbündels mit einem Farbstift nach und markiert mittels einem Pfeil die Richtung. Zeichnet zusätzlich mit derselben Farbe (aber gestrichelt) das Lot zum Spiegel. Benutzt für jeden neuen Verlauf des Lichtbündels auch einen neuen Farbstift!

Messung:

1. Bevor ihr jedoch mit der Messung beginnt ist noch eine Frage zu beantworten:
Nehmt an, dass es sich bei der optischen Scheibe um eine Ebene handelt. Wo liegen dann das einfallende Lichtbündel, das ausfallende Lichtbündel und das Einfallslot? Macht euch das am Versuchsaufbau klar.
2. Messt nun für den jeweiligen Einfallswinkel α den zugehörigen Reflexionswinkel β und tragt eure Messergebnisse in die unten stehende Tabelle ein.

α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
β								

3. Betrachtet nun nochmals den Verlauf eines beliebigen Lichtbündels. Verschiebt nun aber die Lichtquelle an den Punkt, an dem das reflektierte Lichtbündel das Papier verlassen hat. Lasst das Lichtbündel wiederum über das Blatt zum Lotfußpunkt auf den Spiegel fallen. Was beobachtet ihr? Zeichnet den neuen Lichtweg mit einem farbigen Stift nach.

Auswertung:

1. Betrachtet die gemessenen Werte für Einfalls- und Reflexionswinkel. Was fällt euch auf? Formuliert eure Aussage in einem Satz!
2. Was passiert, wenn ihr den Lichtstrahl senkrecht, d.h. mit 0°, auf den Spiegel fallen lasst?