

Naturwissenschaftliche Konzepte besser verstehen mit kognitiv aktivierenden Lernformen

Ralph Schumacher



- Hans baute ein Boot.
- Urs liess einen Drachen steigen.
- Lutz ass einen Apfel.
- Beat ging über das Dach.
- Jochen versteckte ein Ei.
- Dominik setzte das Segel.
- Peter schrieb ein Drama.
- Viktor drückte den Schalter.

- Wer ass einen Apfel?
- Wer versteckte ein Ei?
- Wer liess einen Drachen steigen?
- Wer ging über das Dach?
- Wer drückte den Schalter?
- Wer setzte das Segel?
- Wer baute ein Boot?
- Wer schrieb das Drama?

- Noah baute ein Boot.
- Benjamin Franklin liess einen Drachen steigen.
- Adam ass einen Apfel.
- Der Weihnachtsmann ging über das Dach.
- Der Osterhase versteckte ein Ei.
- Christoph Kolumbus setzte das Segel.
- William Shakespeare schrieb ein Drama.
- Thomas Edison drückte den Schalter.

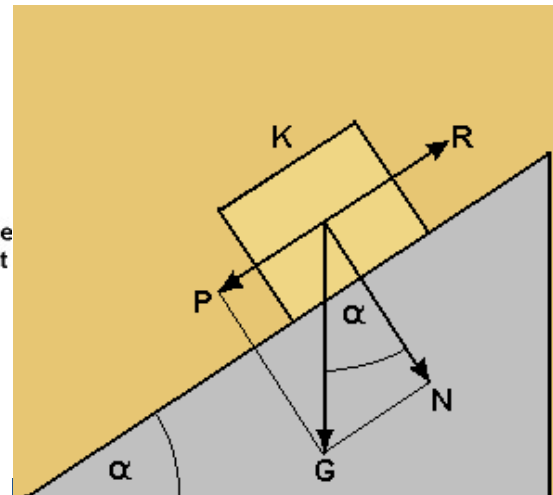
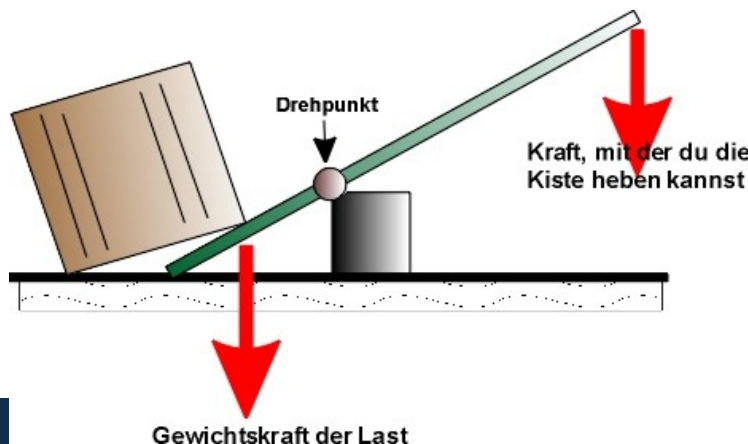
- Wer ass einen Apfel?
- Wer versteckte ein Ei?
- Wer liess einen Drachen steigen?
- Wer ging über das Dach?
- Wer drückte den Schalter?
- Wer setzte das Segel?
- Wer baute ein Boot?
- Wer schrieb das Drama?

Was heisst es, ein naturwissenschaftliches Konzept verstanden zu haben?

- Man kann es beschreiben und an Beispielen erläutern.
- Man kann es unter Bezug auf andere naturwissenschaftliche Konzepte erklären.
- Man kann es auf oberflächlich unterschiedliche Fälle übertragen.

Ein Beispiel: Die goldene Regel der Mechanik

- Benutzt man eine einfache Maschine wie den Hebel oder die schiefe Ebene als **Kraft sparende** Maschine, dann muss man am Weg zusetzen, was an Kraft eingespart wird.
- Benutzt man eine einfache Maschine hingegen als **Weg sparende** Maschine, dann muss man an Kraft zusetzen, was am Weg eingespart wird.

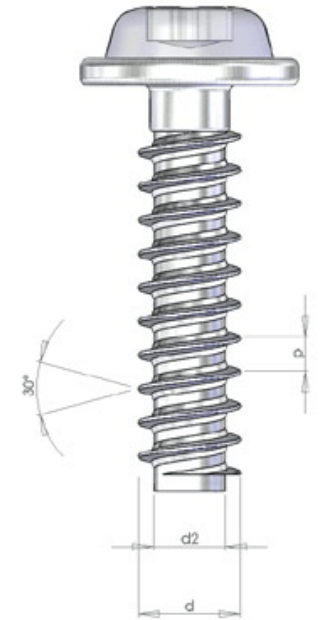
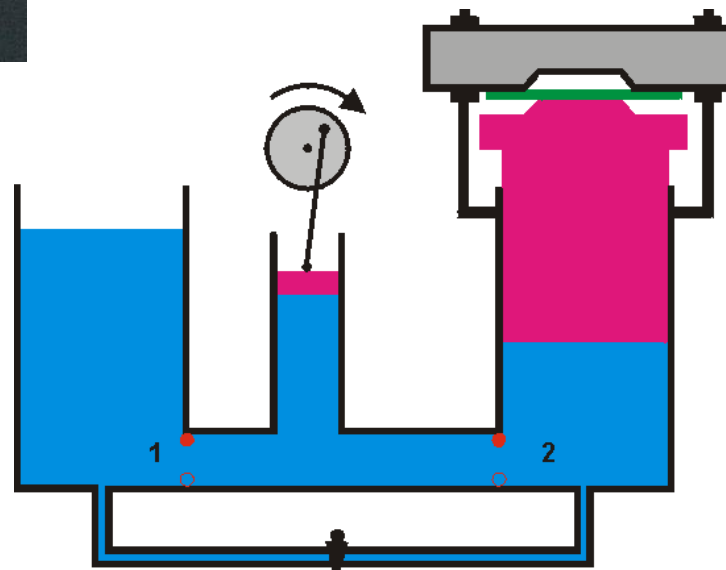
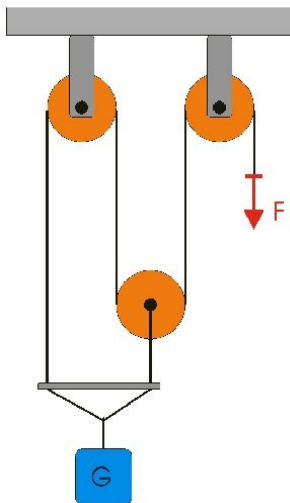


Erklärung unter Bezug auf naturwissenschaftliche Konzepte

- Erklärung der goldenen Regel der Mechanik unter Bezug auf den mechanischen Begriff der Arbeit:
- Die mechanische Arbeit W ist gleich dem Produkt aus dem Betrag F der Kraft und dem Betrag s des Weges.
- $W = F \cdot s$
- Das Produkt aus Kraft und Weg – also die Arbeit - bleibt bei kraft- und wegsparenden Maschinen gleich.

Wissenstransfer: Anwendung des Wissens auf andere Fälle

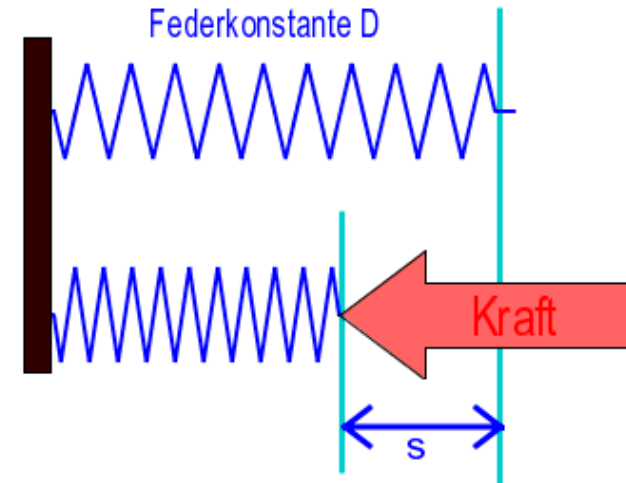
- Beispiele: Flaschenzug, hydraulische Presse, Unter- bzw. Übersetzungen bei Zahnrädern, Schraube



Intelligentes Wissen als Lernziel

- Flexibel einsetzbares Wissen, das den Transfer des Gelernten auf neue Fälle ermöglicht
- Intelligente Wissensorganisation nach problemlösungsrelevanten Kriterien (anstatt nach Oberflächenmerkmalen)
- Abstraktes Begriffswissen
- Vielfältige relevante Wissensbezüge z.B. zu technischen Realisierungen naturwissenschaftlicher Prinzipien

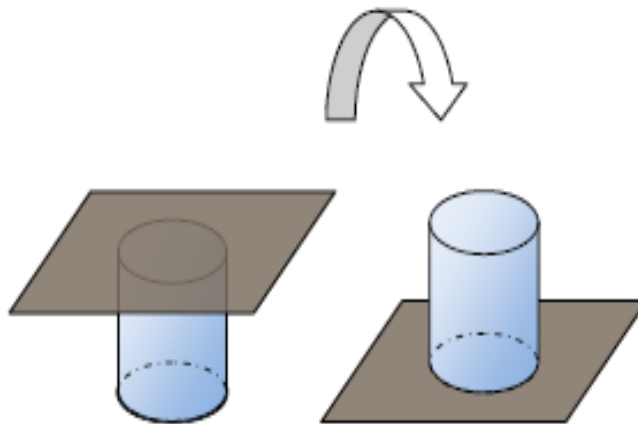
Abstraktes Begriffswissen: Speicherung von Energie



Wie lässt sich der Erwerb intelligenten Wissens fördern?

- (1) Prä- und Post-Tests zur Messung der Lernfortschritte**
- (2) Einführung in neue Themen mit Phänomenen, die die Schülerinnen und Schüler selber noch nicht erklären können**
- (3) Anleitungen zur Bildung von Selbsterklärungen**
- (4) Metakognitive Fragen**
- (5) Anleitungen zum forschenden Lernen**

1. Ein Glas wird mit Wasser gefüllt. Anschließend wird eine Postkarte darauf gelegt und das Glas umgedreht. Wenn man nun die Postkarte los lässt, fließt das Wasser nicht heraus.



Warum fließt das Wasser nicht aus dem umgedrehten Glas heraus? Kreuzen Sie die richtigen Antworten an:

- (A) Weil der Unterdruck im Glas das Wasser nach oben saugt.
- (B) Weil der Luftdruck die Postkarte nach oben drückt.
- (C) Weil die Oberflächenspannung des Wassers die Postkarte festhält.
- (D) Weil die Dichte der umgebenden Luft grösser ist als die Dichte des Wassers im Glas.
- (E) Weil die Gewichtskraft des Wassers im Glas kleiner ist als die Kraft, welche der Luftdruck auf die Postkarte ausübt.
- (F) Weil sonst ein Vakuum im Glas entstehen würde.

Zwei Gläser mit Wasser werden in das Gefrierfach gestellt: In welchem dieser beiden Gläser ist das Wasser zuerst vollständig gefroren - in dem Glas mit dem kalten Wasser oder in dem Glas mit heissem Wasser?

5 Grad Celsius



60 Grad Celsius



Wie wirkt sich die Konfrontation mit Phänomenen, die die Schülerinnen und Schüler selber noch nicht erklären können, auf die kognitive Aktivierung aus?

- Einsicht in eigene Wissenslücken bzw. Verständnisdefizite
- größeres Interesse am Lernstoff
- höhere Aufmerksamkeit
- bessere Lernmotivation

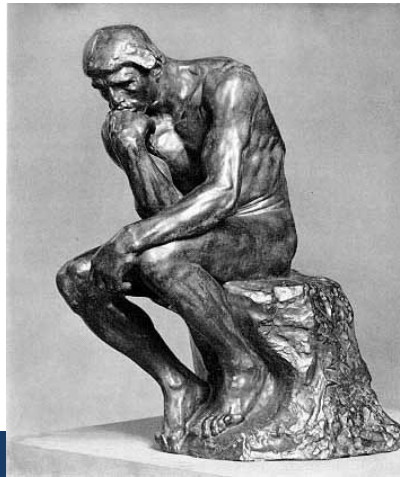
Anleitungen zur Bildung von Selbsterklärungen

Bei Selbsterklärungen handelt es sich um Erklärungen, die man für sich selber entwickelt, um sich einen Sachverhalt verständlich zu machen.



Wie erkläre ich
den Unterschied
zwischen Energiequelle
und Energieträger?

Selbsterklärungen sind für die **Konstruktion von Wissen** sowie für die **Integration neuer Informationen** in das bereits vorhandene Vorwissen von zentraler Bedeutung.



Berthold & Renkl (2010): How to Foster Active Processing of Explanations in Instructional Communication. *Educational Psychology*

Review

7. Example Task: Mountain bike IV

You and your friend take part in a two-day mountain bike course. Each day of the course the instructor brings along 5 helmets, each one a different colour (orange, silver, brown, red, and green). The helmets are handed out randomly and given back to the instructor at the end of the day. What is the probability that you get both a red and a green helmet during the two-day course?

acceptable outcomes $\frac{2}{5}$
 possible outcomes

first day

second day

The probability is $\frac{2}{25}$.

The order is irrelevant. Therefore, there are 2 acceptable outcomes in the first single experiment and 1 in the second. It is with replacement. Therefore, there are 5 possible outcomes in each of the 2 single experiments. To calculate the total acceptable outcomes, the acceptable outcomes of the single experiments are multiplied, because each of the 2 first outcomes (2 helmets) can occur in combination with one of the remaining outcomes (1 helmet). Therefore, each of the two acceptable first branches of the tree diagram forks out in a further acceptable branch. The corresponding is true for the possible outcomes.

Why do you calculate the total possible outcomes by multiplying?

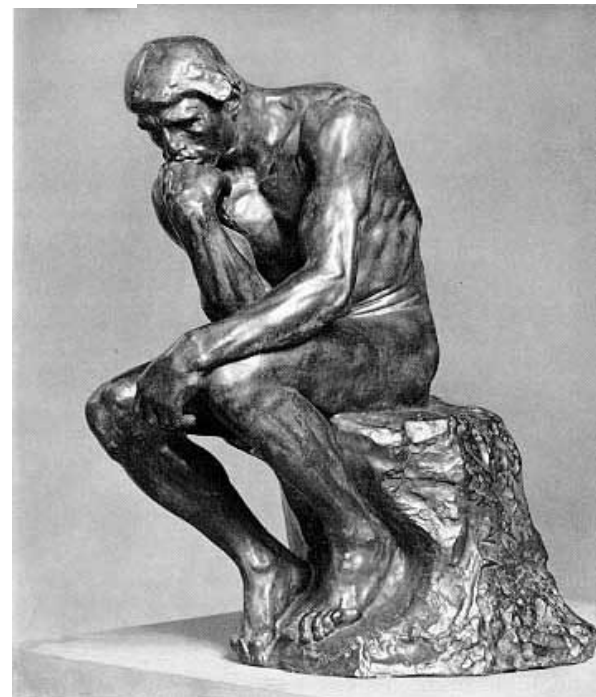
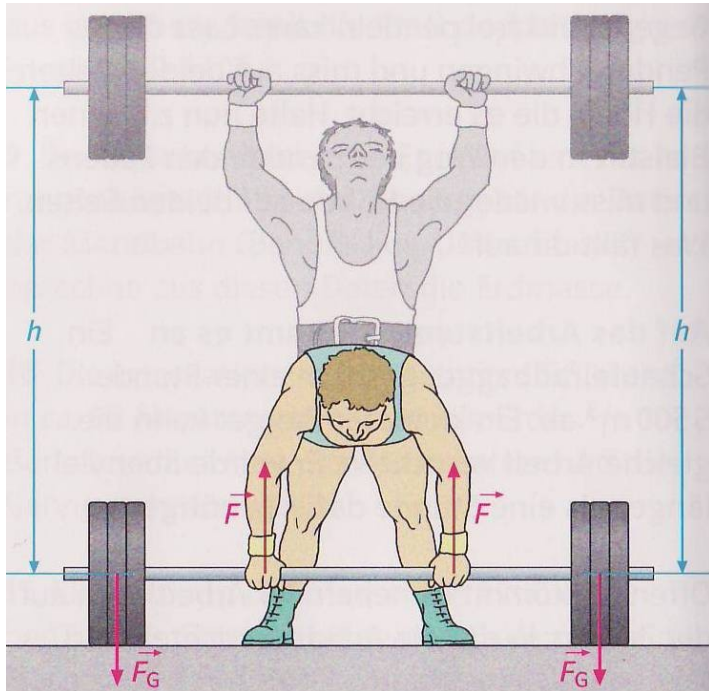


Metakognitive Fragen

Anleitung zur Reflexion über die eigenen Lernprozesse:

- 1) Kontrolle der eigenen Lernfortschritte**
- 2) selbständiges Aufdecken von Verstehensillusionen**
- 3) gezielte Gestaltung der eigenen Wissensorganisation**

Ich habe noch nicht
verstanden, wo die
Lageenergie beim sanften
Ablegen der Gewichte
bleibt.



Instruktionen zur Anleitung forschenden Lernens

(I) Die Entwicklung einer Fragestellung:

Der erste Schritt besteht darin, eine sinnvolle und interessante Fragestellung zu finden, die sich anhand eines Experiments beantworten lässt.

Dabei müssen die folgenden Punkte beachtet werden:

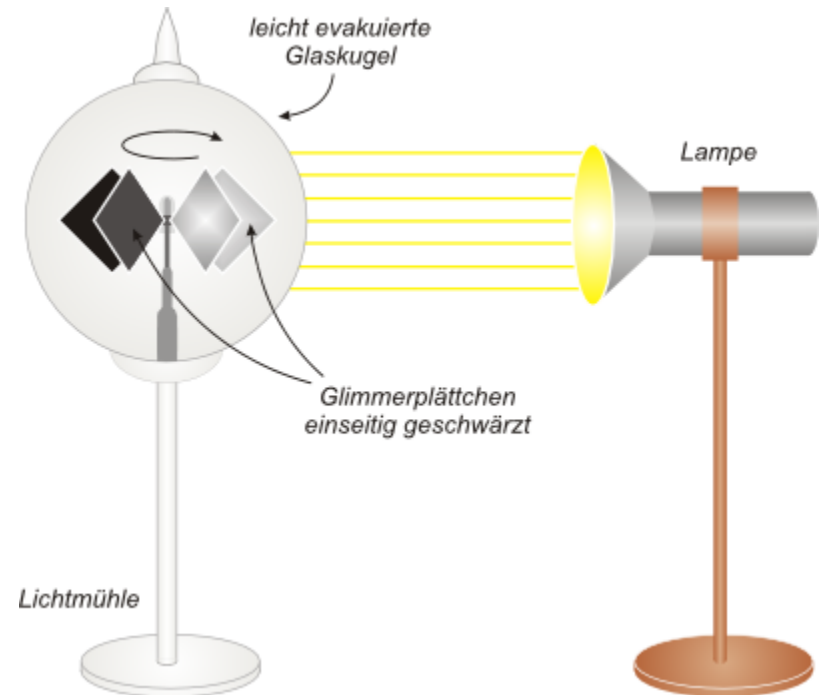
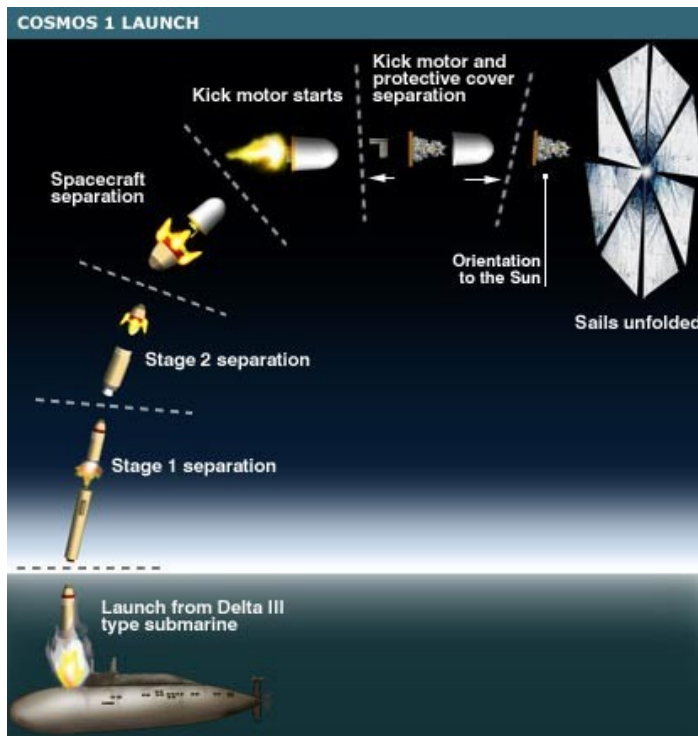
- sinnvoll / theoriegeleitet
- nicht trivial / gute Gründe für verschiedene Erwartungen
- konkret

- **Fragestellung:**
- Was treibt den Rotor in der Lichtmühle an – und in welche Richtung dreht sich daher das Flügelrad?



- **(II) Die Herleitung von Hypothesen:**
- Der zweite Schritt besteht darin, ausgehend von der Fragestellung und den verschiedenen Positionen unterschiedliche Hypothesen zu entwickeln, die anschließend im dritten Schritt durch ein geeignetes Experiment überprüft werden können.
- Beim Herleiten der Hypothesen müssen die folgenden Punkte beachtet werden:
 - gehaltvoll und konkret
 - klarer Zusammenhang zur Theorie
 - konkurrierende Hypothesen, die durch *ein* Experiment geprüft werden können

- **Hypothese:** Photonendruck / Impuls der Lichtquanten, Drehung in Richtung der *schwarzen* Seiten
- **Gegenhypothese:** Thermischer Effekt, Drehung in Richtung der *glänzenden* Seiten



Instruktionen zur Anleitung forschenden Lernens

- **(III) Die Planung und Durchführung eines geeigneten Experiments:**
- Im dritten Arbeitsschritt wird ein Experiment konstruiert und durchgeführt, das geeignet ist, eine Entscheidung zwischen den konkurrierenden Hypothesen herbeizuführen. Bei diesem Arbeitsschritt müssen vor allem die folgenden Punkte beachtet werden:
 - realisierbar
 - Passung Experiment / Hypothesen
 - Kontrolle der relevanten Faktoren



- **Planung und Durchführung eines Experiments:**
- Die Lichtmühle wird mit dem weissen Licht einer 500 W Halogenlampe beleuchtet. Das Flügelrad beginnt sich zu drehen – und zwar in Richtung der glänzenden Seiten.
- Führt man das Experiment hingegen bei tiefen Temperaturen durch, indem man die Lichtmühle z.B. in ein Gefäss mit kaltem Wasser stellt, findet eine Umkehrung der Drehrichtung statt.

Instruktionen zur Anleitung forschenden Lernens

- **(IV) Beobachtung:**
- Im Anschluss an die Durchführung des Experiments muss genau protokolliert werden, welche Phänomene sich als Wirkungen des Experiments beobachten lassen. Dabei sollte auf die folgenden Punkte geachtet werden:
 - Sorgfalt beim Protokollieren
 - Beobachtungen sind theoriegeleitet

- **Beobachtung:**
- Protokollierung des Zusammenhangs zwischen Temperatur und Drehrichtung der Lichtmühle



warm



kalt

Instruktionen zur Anleitung forschenden Lernens

- **(V) Interpretation:**
- Im letzten Schritt werden die beobachteten Resultate interpretiert und in ein theoretisches Modell integriert. Hierbei sind die folgenden Punkte zu beachten:
 - Fall 1: Die Resultate stimmen mit der eigenen Hypothese überein. (Erklärungswert?)
 - Fall 2: Die Resultate stimmen mit der eigenen Hypothese nicht überein. (falsche Hypothese oder schlechte Durchführung des Experiments?)

- **Interpretation:**
- Möglicherweise spielen *beide* Effekte eine Rolle: Der thermische Effekt überwiegt vielleicht bei höheren Temperaturen und der Photonendruck bei tieferen.
- Frage nach alternativen Erklärungen für die Umkehr der Drehrichtung bei Abkühlung: stärkere Abkühlung der schwarzen Seiten
- Fragen für weiterführende Experimente:
 - Einfluss der Luftmenge in der Lichtmühle
 - Einfluss verschiedener Lichtarten (UV-Licht oder Infrarotstrahlung)



Kognitiv aktivierende Lernformen als zentrale Bestandteile jeder MINT-Unterrichtseinheit

- **Prä- und Post-Tests zur Messung der Lernfortschritte**
- **Aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler nicht-erklärbare Phänomene**
- **Anleitungen zur Bildung von Selbsterklärungen**
- **Metakognitive Fragen**
- **Anleitungen zum forschenden Lernen**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

