

Basismodelle im Physikunterricht

Christian Maurer



Didaktik der Physik
Fakultät für Physik

Universität Regensburg

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

1. Auswahl des Lehrziels (der Art wie Lernen stattfinden soll)

Konzeptaufbau:

Hier werden Dinge thematisiert, die man **erfinden** muss, z. B. den Kraftbegriff, den Impuls (mit Erhaltung), oder den Spannungsbegriff (Konzepte, die Schüler nicht durch eigenes Experimentieren finden können)

Lernen durch Eigenerfahrung:

Hier dürfen nur Zusammenhänge thematisiert werden, die man **finden** kann.

- Beispiel: Wovon hängt die Wucht eines bewegten Wagens beim Stoß auf ein Hindernis ab? Wovon hängt die Auftriebskraft ab?
- Gegenbeispiel: Was ist Kraft/Energie/Geschwindigkeit (Diese Begriffe/Konzepte sind erfunden, nicht gefunden).

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

1. Auswahl des Lehrziels (der Art wie Lernen stattfinden soll)

Problemlösen:

Zum Lösen eines Problems muss das **nötige Wissen** und Können **bereits** beim Problemlöser **vorhanden** sein, jedoch noch in besonderer Weise ausgewählt und organisiert werden. Das Wissen wird angewendet.

Wie schütze ich eine Glühbirne (6V; 0,3A) , wenn ich nur ein Netzgerät mit den 12V Betriebsspannung zur Verfügung habe?

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | Lernen durch Eigenerfahrung <i>SuS können Inhalte d. Experimente finden; Schüler-vorstellungen nicht dominant. Aufbau neuen Wissens</i> | Konzeptaufbau <i>erfundene Inhalte werden thematisiert; Aufbau neuen Wissens</i> | Problemlösen <i>kein Aufbau neuer Wissensselemente, echtes Problem lösen</i> |
|----------|--|---|--|
| 1 | <p>Einführen des Kontextes <i>Erkennen des Sinnes der Eigenerfahrung; Motivationsphase.</i></p> <p>Inneres Vorstellen, Planen <i>Nachdenken über Abläufe und Ziele vor Beginn eines Experiments</i></p> <p>Ergebnis: Handlungsplan</p> | <p>Bewusstmachen des Vorwissens <i>Motivierung und Einführung des neuen Begriffs oder Konzepts, Aktualisierung und Aktivierung des notwendigen Wissens.</i> <i>Schüler erkennen Notwendigkeit der konzeptuellen Klärung.</i></p> <p>Ergebnis: explizite Präkonzepte und explizites, verfügbares Vorwissen</p> | <p>Problemgenerierung <i>Es werden ein Problem und erste Fragen dazu generiert. Klärung relevanter Unterschiede zwischen Ist- und Sollzustand</i></p> <p>Ergebnis: explizites Wissen über den Problemraum und seine Grenzen</p> |
| 2 | <p>Handeln im Kontext <i>Durchführung explorativer (entdeckender) Experimente, welche als Ergebnis z.B. „Wenn-Dann-Sätze“ enthalten und so Abhängigkeiten versch. Größen beschreiben.</i></p> <p>Ergebnis: konkrete personale Erfahrung als implizites, unstrukturiertes, episodisches Wissen</p> | <p>Durcharbeiten eines prototypischen Musters <i>Darstellung des neuen Konzepts</i> <i>Anhand eines gut gewählten Prototyps wird das neue Konzept vorgestellt.</i></p> <p>Ergebnis: explizites Wissen über den Prototypen</p> | <p>Problempräzisierung <i>Die Fragestellung wird präzisiert und eingegrenzt.</i></p> <p>Ergebnis: Wissen über Vorwissen im Problemraum und bestehende Defizite</p> |
| 3 | <p>Erste Ausdifferenzierung, Reflexion <i>Zusammenfassung der Ergebnisse des Experiments.</i> <i>Bewusstmachen der Erfahrung durch Benennen relevanter Erfahrungen</i></p> <p>Ergebnis: explizites deklaratives Wissen</p> | <p>Darstellen der wesentlichen Merkmale <i>Festhalten des neuen und Abgrenzung gegen das alte Wissen was macht den Unterschied zum Vorwissen aus?</i></p> <p>Ergebnis: strukturiertes, explizites Wissen über das Konzept und seine Grenzen</p> | <p>Lösungsvorschläge <i>Der Lehrer sammelt Lösungsvorschläge, achtet darauf, dass diese zunächst nicht bewertet werden.</i></p> <p>Ergebnis: Explizites, unstrukturiertes Wissen von Lösungswegen im Problemraum</p> |
| 4 | <p>Generalisierung der Ergebnisse <i>Suchen einer gemeinsamen Aussage der Ergebnisse.</i> <i>Bewusstmachen und Festhalten der Erkenntnisse aus den Experimenten. Qualitative und halbquantitative Formulierung konkreter Beobachtungen ohne darüber hinausgehende Deutungen</i></p> <p>Ergebnis: entpersonalisiertes Wissen</p> | <p>Aktiver Umgang mit neuem Konzept <i>Anwenden des Konzepts in verschiedenen Beispielen, die Variationen des Prototyps sind</i></p> <p>Ergebnis: Repräsentationen des Konzepts und unstrukturiertes Wissen über den Anwendungsbereich des Konzepts</p> | <p>Prüfen der Lösungsvorschläge <i>Überprüfen der Lösungswege oder Hypothesen und Festhalten erfolgreicher Wege</i></p> <p>Ergebnis: Explizites, unstrukturiertes Wissen über Lösungswege im Problemraum</p> |
| 5 | <p>Übertragung auf größere Zusammenhänge <i>Formulieren von Gesetzmäßigkeiten, Fachbegriffen</i> <i>Anwenden, Transfer und Vernetzung;</i> <i>Prüfen ob Lernergebnis auch in anderen Kontexten eine sinnvolle Erklärung liefert;</i></p> <p>Ergebnis: dekontextualisiertes, entpersonalisiertes, explizites, deklaratives Wissen</p> | <p>Vernetzung mit bekanntem Wissen <i>Vergleich des neuen Konzepts mit schon bekannten Konzepten aus der Physik</i> <i>Auch: Transfer des Konzepts auf andere zum Prototyp analoge Beispiele und Gebiete</i></p> <p>Ergebnis: explizites, strukturiertes, vernetztes Wissen über Konzept und seine Anwendungsbereiche</p> | <p>Vernetzung, Transfer auf andere Problemklassen <i>Der Lösungsweg wird bei ähnlichen oder anderen Problemen ausprobiert.</i></p> <p>Ergebnis: Explizites, strukturiertes Wissen über Lösungswege in bestimmten Problemraum</p> |

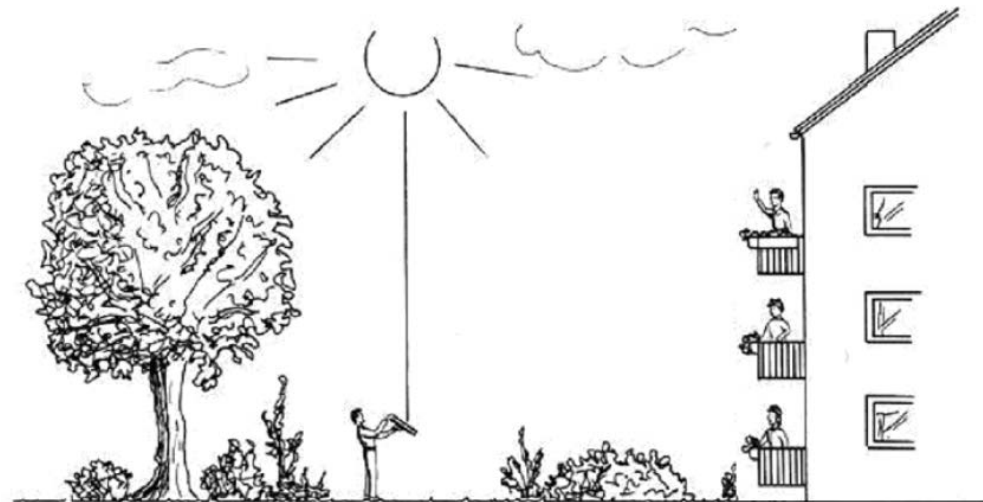
Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Einführen des Kontextes/ Inneres Vorstellen und Planen | Einstieg; Erkennen des Sinns der Eigenerfahrung „Motivationsphase“ (Veranschaulichen)/ Nachdenken über Abläufe und Ziele vor Beginn eines Experiments |
|---|---|---|

Hinführung zum Thema Reflexionsgesetz durch konkrete Problemstellung:

Welchen Weg nimmt das Licht bei einer Reflexion?

Ziel der Stunde:
Mit Hilfe von Experimenten herausfinden, wie genau das Licht reflektiert wird.



Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Einführen des Kontextes/ Inneres Vorstellen und Planen | Einstieg; Erkennen des Sinns der Eigenerfahrung „Motivationsphase“ (Veranschaulichen)/ Nachdenken über Abläufe und Ziele vor Beginn eines Experiments |
|---|---|---|

- Ein Lernender soll mit einer Taschenlampe in eine Röhre hinein leuchten und ein anderer durch die zweite Röhre schauen und das vom Spiegel umgelenkte Lichtbündel „suchen“. Dann sollen die Fragen zum Experiment geklärt werden: Lage der Röhren zueinander (Winkel, Ebene); Umkehrbarkeit

Ergebnis: Handlungsplan

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|--------------------|---|
| 2 | Handeln im Kontext | Erarbeitung: Durchführung explorativer Experimente, welche als Ergebnis „Wenn-Dann-Sätze“ enthalten Schüler sollen weitgehend selbstständig und vor allem auch zielgerichtet arbeiten |
|---|--------------------|---|

- Mit dem nötigen Wissen über das Vorgehen, den Materialien und unter Kenntnis der Ziele des Versuchs können die Schüler nun selbstständig experimentieren.
- Formulierung der Vermutungen in Form von Wenn-Dann-Sätzen

Ergebnis: konkrete personale Erfahrung als implizites, unstrukturiertes, episodisches Wissen

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|-----------------------------|--|
| 3 | Erste Ausdifferenzierung | Ergebnissicherung I Zusammenfassung der Ergebnisse eines konkreten Erfahrungsprozesses |
|---|-----------------------------|--|

- Die Schüler beschreiben die Ergebnisse ihres Handelns.
- Ihre Vermutungen, wie sich das Licht bei der Reflexion verhält, werden an der Tafel notiert; nicht kommentiert.
- Vorläufige Ergebnisse/Beobachtungen/Interpretationen

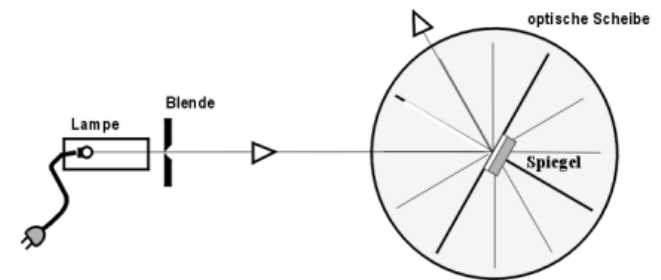
Ergebnis: explizites deklaratives Wissen

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|--|---|
| 4 | Generalisierung der Ausdifferenzierungsphase | Ergebnissicherung II Bewusstmachung und Festhaltens des aus der Erfahrung gewonnenen Wissens Verallgemeinerungen des Lernergebnisses Ziehen von Schlussfolgerungen |
|---|--|---|

- Ggf. Experiment zum Testen der Hypothese(n) – Demonstration
- Einführung und Plausibilisierung von Fachbegriffen
- Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der Versuche zum Reflexionsgesetz verallgemeinert.

Versuchsaufbau:



Ergebnis: entpersonalisiertes Wissen

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| | | |
|---|---------------------------------------|---|
| 5 | Übertragung auf größere Zusammenhänge | Prüfen ob Lernergebnis auch in anderen Kontexten eine sinnvolle Erklärung liefert Festhalten einer Gesetzmäßigkeit |
|---|---------------------------------------|---|

- Rückbezug auf die Einstiegsfolie. Die Schüler sollen nun in der Lage sein, das Reflexionsgesetz anwenden zu können.
- Ggf. wird als Puffer eine kurze Powerpoint-Präsentation gezeigt, die alltägliche Situationen darstellt, in denen die Reflexion und das Reflexionsgesetz eine Rolle spielen. Ein Beispiel ist das Bild einer uneinsichtigen Verkehrskreuzung, die mit Hilfe eines Verkehrsspiegels übersichtlich wird.
- AB als HA mit Anwendungsaufgaben.
- Diese Phase kann aber auch erst in der Folgestunde im Unterricht umgesetzt werden (kein 45 min Zwang für alle Phasen).

Ergebnis: dekontextualisiertes, entpersonalisiertes, explizites, deklaratives Wissen

Wie plane ich damit meinen Unterricht?

| Lernen durch Eigenerfahrung – Erarbeitung Reflexionsgesetz | | |
|--|---------------------------------------|---|
| 1 | 0 Einführen des Kontextes | Hinführung zum Thema Reflexionsgesetz durch konkrete Problemstellung: Welchen Weg nimmt das Licht bei einer Reflexion? |
| | 1. Inneres Vorstellen, Planen | Besprechung der Experimente – Planung des Ablaufs Schüler kennen Ziele des Experiments (Verhalten des Lichts bei Reflexion) |
| 2 | Handeln im Kontext | Durchführung der Experimente – Formulierung der Ergebnisse in Wenn-Dann-Form |
| 3 | Erste Ausdifferenzierung, Reflexion | Präsentation der Ergebnisse Zusammenfassung der Ergebnisse (ohne Kommentare) |
| 4 | Generalisierung der Ergebnisse | Welche gemeinsame Aussagen haben die Experimente? Ggf. Experimente um Vermutungen der Schüler zu überprüfen Einführung und Plausibilisierung der Fachbegriffe Formulierung der Gesetzmäßigkeit; Lage d. Winkel in Ebene |
| 5 | Übertragung auf größere Zusammenhänge | Anwendung des Gesetzes bei Eingangsbeispiel AB: Anwendung d. Gelernten in verschiedenen Kontexten PP: Präsentation von Anwendungssituationen |

Wieso sind 4. und 5. besonders wichtig?

Wirksame Lernschritte fehlen sonst:

- Schritt 4, der Vergleich mit Erfahrungen anderer und die Generalisierung der Erfahrungen und Ergebnisse, nimmt wenig Raum ein. Hier besteht die Gefahr, dass dadurch Erfahrungen nicht langfristig lernwirksam werden. (Trendel 2007)
- Die formale Fixierung (Es gilt:...; Allgemeingültigkeit) fehlt.
- Schritt 5 – Aspekte zur Anwendung und zum Transfer fehlen häufig, sind aber besonders lernwirksam (Geller 2015)
- Es fehlt die Verankerung des erworbenen Wissens und oft auch die bewusste Entkopplung vom Kontext, in welchem es erlernt wurde.

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| | | |
|---|------------------------------|---|
| 1 | Bewusstmachen des Vorwissens | Motivierung und Einführung des neuen Begriffs oder Konzepts, Aktualisierung und Aktivierung des notwendigen Wissens. L stellt Situation her, in welcher die Schüler ihre Vorkenntnisse sowie die neuen Erfahrungen und Kenntnisse in Zusammenhang stellen können. Schüler erkennen Notwendigkeit der konzeptuellen Klärung. |
|---|------------------------------|---|

WH der notwendigen Grundkenntnisse z.B. im Plenum

- Diese physikalische Größe Impuls hat das Symbol p („Wucht“)
- Definitionsgleichung: Impuls = Masse * Geschwindigkeit; $p = m * v$;
- $[p]=1 \text{ kg} * \text{m/s}$
- Energie als Erhaltungsgröße; Abgeschlossene Systeme in der Physik

Situationsdarstellung Frontalcrash SUV vs. PKW

Einzelimpulse vor dem Zusammenprall bestimmbar – nachher???

Ergebnis: explizite Präkonzepte und explizites, verfügbares Vorwissen

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| 2 | Durcharbeiten eines Prototyps | Durcharbeiten eines prototypischen Musters, in dem alle wesentlichen Elemente und Merkmale des zu lernenden Konzepts enthalten sind → anhand eines gut gewählten Prototyps wird das neue Konzept vorgestellt . |
|---|-------------------------------|--|

- Kurze deduktive Darstellung der Impulserhaltung
- Durcharbeiten eines prototypischen Musters / Aufgabe



Gesamtimpuls vor dem Zusammenstoß = Gesamtimpuls nach dem Zusammenstoß

$$p_S + p_P = p_{ges}$$

$$m_S \cdot v_S + m_P \cdot v_P = m_{ges} \cdot v_{ges}$$

$$2300\text{ka} \cdot 22.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1300\text{ka} \cdot \left(-22.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 3600\text{ka} \cdot v_{ges}$$

Ergebnis: explizites Wissen über den Prototypen

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| | | |
|---|---|--|
| 3 | Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien | Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien → Festhalten des neuen und Abgrenzung gegen das alte Wissen → was macht den Unterschied zum Vorwissen aus? |
|---|---|--|

Hier z.B. als ergänzender Lehrervortrag zum prototypischen Muster

- Der Impuls ist eine vektorielle Größe. Zur vollständigen Beschreibung des Impulses eines Körpers muss dessen Stärke und Richtung angegeben sein.
- Der Impuls ist eine Erhaltungsgröße. Die Richtung der Impulse muss dabei mit berücksichtigt werden.
- Jeweils mit Bezug auf schulische Umsetzung.

Ergebnis: strukturiertes, explizites Wissen über das Konzept und seine Grenzen

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| 4 | Aktiver Umgang mit neuem Konzept | Üben und Anwenden → Üben: Daran zeigen, welche Aspekte des neuen Konzepts für die Anwendungssituationen wesentlich sind. → Schüler finden und bearbeiten weitere Beispiele |
|---|----------------------------------|--|

- Anwendung der Impulserhaltung in zuerst eher einfachen Aufgaben
- Ziel 1: die zentrale Rolle des Erhaltungsaspektes beim Ansatz in den Musteraufgaben zu erkennen.
- Ziel 2: Übertrag der dargestellten Inhalte auf andere Kontexte

Ergebnis: Repräsentationen des Konzepts und unstrukturier-tes Wissen über den Anwendungsbereich des Konzepts

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| | | |
|---|---------------------------------|---|
| 5 | Vernetzung mit bekanntem Wissen | <ul style="list-style-type: none">→ Transfer, Vernetzung→ Prüfung in verschiedenen Kontexten in wie weit das neue Konzept fruchtbar ist.→ Einbettung in einen komplexeren Sachverhalt und Vernetzung mit bestehendem Wissen |
|---|---------------------------------|---|

- Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Impuls und der kinetischen Energie (evtl. erneut am prototypischen Muster; alternativ auch Vernetzung zur Kraft..)
- Der Gesamtimpuls bleibt bei einem Zusammenstoß auch erhalten, wenn sich einer oder beide Körper irreversibel verformen. Für die Summe der kinetischen Energien gilt dies nicht.
- Der Impuls ist ein eigenständiges neues Konzept in der Physik.
- Gerade bei Stoßprozessen hat der Impuls eine hohe Vorhersagekraft.

Ergebnis: explizites, strukturiertes, vernetztes Wissen über Konzept und seine Anwendungsbereiche

Wie läuft der Konzeptaufbau ab?

| Konzeptaufbau | | |
|---------------|--|---|
| 1 | Bewusstmachen des Vorwissens | <ul style="list-style-type: none"> • WH der notwendigen Grundkenntnisse z.B. im Plenum • Situationsdarstellung Frontalcrash SUV vs. PKW • Einzelimpulse vor dem Zusammenprall bestimmbar – nachher??? |
| 2 | Vorstellen und Durcharbeiten eines prototypischen Musters/Beispiels | <ul style="list-style-type: none"> • Kurze deduktive Darstellung (z.B. Lehrervortrag, kein Frage-Antwort Spiel, keine Herleitung) der Impulserhaltung • Durcharbeiten eines prototypischen Musters / Aufgabe |
| 3 | Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien an dem gewählten Beispiel. | Der Impuls als vektorielle Erhaltungsgröße als besonderes Merkmal |
| 4 | Aktiver Umgang mit neuem Konzept (z. B. Üben und Anwenden) | Anwendung (ausreichend lang; hier über 20min) der Impulserhaltung in Aufgaben |
| 5 | Vernetzung mit bekanntem Wissen (z. B. Kontrastieren, Bestätigen, Prüfen oder Anwenden) | Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Impuls und der kinetischen Energie |

Was ist hier besonders wichtig?

Lernschritte nicht passend zum jeweiligen Ziel gewählt!

- Dahinter verbirgt sich oft das traditionelle **Erarbeitungsmuster** bei dem **Verstehen mit Finden verwechselt** wird (Grell & Grell 1994, S. 58).
- *„Wenn man häufig Unterrichtsstunden beobachtet, kann man auf den Gedanken kommen, daß Unterrichten dasselbe sei wie Ausfragen. Denn in vielen Unterrichtsstunden werden die Schüler vom Lehrer beinahe ununterbrochen nach Informationen ausgefragt, die sie eigentlich noch nicht haben können, weil sie sie ja erst lernen sollen“* (Grell 1994, S.53)
- Vorurteil: *„pädagogisch falsch oder gar unmoralisch, den Schülern den Lernstoff direkt mitzuteilen“* (Grell 1994, S.57)
- Begründungen: Schülerbeteiligung – keine trockenen Lehrervorträge — entdeckendes Lernen – schülerzentriert - ...
- Problem: *„das Erarbeitungsmuster leistet gar nicht, was die Begründungen verkünden“* (Grell 1994, S.57)

Was ist hier besonders wichtig?

Lernschritte nicht passend zum jeweiligen Ziel gewählt!

- Dahinter verbirgt sich oft das traditionelle Erarbeitungsmuster bei dem Verstehen mit Finden verwechselt wird (Grell & Grell 1994, S. 58).
- **Ein Verstehen eines Konzeptes erfordert aber eine aktive Anwendung und weniger seine Herleitung.**
- **Physikalische Konzepte sollten zügig eingeführt, deduktiv bedeutsam gemacht und ausgiebig geübt werden. Sie sind die Grundlage für und nicht das Ergebnis von Problemlösungen (Wackermann 2017).**
- Schritt 5 – Aspekte zur Anwendung und zum Transfer fehlen häufig, sind aber besonders lernwirksam (Geller 2015) - Es fehlt die Verankerung und eine innerfachliche **Vernetzung** des erworbenen Wissens.