



Educational Material

## Interaktivität mit Studierenden

**Author(s):**

Sengstag, Christian

**Publication Date:**

2002

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004323390> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

# Interaktivität mit Studierenden

"Teaching is one of the most delightful and exciting human activities when it is done well, and one of the most humiliating and tedious when it is done poorly" [1]

## Wozu Interaktivität in der Lehrveranstaltung?

### Wissenserwerb aus konstruktivistischer Sicht [2]

Direkter Transfer von Wissen aus dem Kopf von Wissenden in den von Lernenden ist nicht möglich. Wissen ist kein objektiver, transportierbarer Gegenstand. Erwerb von Wissen benötigt Wissenskonstruktion.

Lernende bauen neue Wissensstrukturen auf, dabei

- verändern sie bestehende Strukturen (reichern an, verfeinern, strukturieren um)
- verknüpfen sie Neues mit Bekanntem

Neue Information bleibt an der Oberfläche, wenn nur auswendig gelernt wird. Sie verwandelt sich erst in ein Verständnis, wenn sie mit Vorwissen verknüpft wird.

### Unterschiedliche Typen von Wissen [2]

<i>deklaratives Wissen:</i>	Wissen über Sachverhalte
<i>prozedurales Wissen:</i>	Wissen auf dem Fertigkeiten beruhen
<i>strategisches Wissen:</i>	Heuristiken und Problemlösungsstrategien
<i>metakognitives Wissen:</i>	Wissen zur Kontrolle und Steuerung von Lern und Denkprozessen

### Charakteristika des Wissenserwerbs [2]

#### 1. Wissenserwerb als aktiver Prozess

Nur über aktive Beteiligung möglich; benötigt Motivation, Interesse. Deshalb im Unterricht auf bestehende Interessen eingehen und neue Interessen wecken.

#### 2. Wissenserwerb als selbstgesteuerter Prozess

Jedes Lernen benötigt ein Minimum an selbstgesteuerter Aktivität (z.B. eigenständige Überwachung des Lernprozesses). Allerdings braucht es zu Beginn des Lernprozesses Fremdsteuerung.

#### 3. Wissenserwerb als konstruktiver Prozess<sup>\*</sup>

- Aufbau neuer Wissensstrukturen
- Vernetzen bestehender Wissensstrukturen (anreichern, verfeinern, umstrukturieren)
- Verknüpfen mit bestehenden Konzepten (Neues mit Bekanntem verknüpfen)
- Anwenden neuen Wissens in verschiedenen Situationen
- Verbinden des neuen Wissens mit neuen Kontexten
- Ersetzen überholter Konzepte durch neue, verbesserte Konzepte

Lernende sollen Konstruiertheit des Wissens erleben (es gibt nicht **eine** einzige Wahrheit). Sie sollen erfahren, dass zur Erklärung eines Phänomens häufig mehrere Möglichkeiten existieren. Sie sollen Weltansichten entwickeln, die auch gegensätzliche Standpunkte einschliessen. Lernende sollen selbst

<sup>\*</sup> Eine gut verständliche Beschreibung des konstruktivistischen Ansatzes als Teil des Subjektivismus findet sich in einem Aufsatz von Dubs (1995) [3].

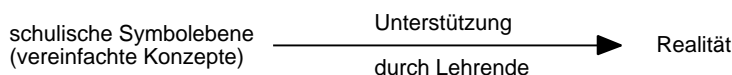
erfahren, dass neue konzeptuelle Modelle bestimmte Phänomene besser beschreiben oder erklären, als eigene, festgefahrene Überzeugungen.

Studierende lernen nicht aufgrund dessen, was Dozierende tun, sondern aufgrund dessen, was Dozierende sie zu tun heissen. (Autor unbekannt)

Der schlechte Lehrer sagt den Schülern die Wahrheit, der gute Lehrer lässt sie sie finden. (Adolf Diesterweg)

#### 4. Wissenserwerb als situativer Prozess

Prinzip der Authentizität: Transfer von Wissen auf neue, komplexe Probleme benötigt auch ein Lernen in komplexen Situationen. Behandeln Sie deshalb möglichst realitätsnahe Probleme in der Lehrveranstaltung. Je relevanter gestellte Probleme für unseren Alltag sind, desto grösser ist das Interesse der Studierenden, sich damit auseinanderzusetzen. Bspw. werden Sie mit einer Diskussion über die Regulation des Zellzyklus und der daran beteiligten Proteine im Hinblick auf neue Möglichkeiten, Krebs zu therapieren, auf grösseres Interesse stossen, als wenn Sie das Thema rein deskriptiv behandeln und die an der Zellzyklus-Regulation beteiligten Proteine einzeln vorstellen.



#### 5. Wissenserwerb als sozialer Prozess:

positive Kontaktbedingungen => soziales Lernen => soziale Kompetenz => Motivation, Selbstwertgefühl

- stimulierende Kommunikation
- interessante Aufgabeninhalte => Motivation zu gemeinsamen Denk- und Lernprozessen
- kooperative Aufgabenstrukturen

Gestellte Aufgaben sollten nach Möglichkeit so beschaffen sein, dass Kooperation nicht nur erfolgen kann, sondern benötigt wird. Kooperation im Unterricht findet unter Studierenden nicht von selbst statt, sondern muss angeregt, angeleitet werden.

#### Interaktivität zur Förderung des *Deep-Level-Approach* des Lernens

*Surface-Level-Approach* versus *Deep-Level-Approach* nach Marton und Säljö (1976) [4]

Beim *Surface-Level-Approach* des Lernens ist die Aufmerksamkeit auf das Auswendiglernen gerichtet. Fakten sollen wiedergegeben werden (reproduktive Auffassung). Unzusammenhängende Tatsachen sollen memoriert werden, welche nach einer Prüfung rasch wieder vergessen werden.

Im Gegensatz dazu ist beim *Deep-Level-Approach* des Lernens die Aufmerksamkeit auf das Verständnis gerichtet. Lernende versuchen, Gedankengänge des Autors nachzuvollziehen. Eigene Schlüsse werden gezogen, Zusammenhänge erkannt. Lernende suchen nach der Signifikanz des Studienmaterials.

Als Extremform des *Deep-Level-Approach* des Lernens gilt das *Flow-Erleben*. Man geht beim Lernen ganz in der Sache auf, man nimmt Lernen gar nicht mehr als solches wahr. Das Zeitgefühl verschwindet, man wird von der Tätigkeit ganz eingenommen. Flow-Erleben zeichnet sich durch intensive Erfahrung, tiefes Erleben, absolute Konzentration bis hin zum Glücksgefühl aus [5].

Charakteristika des *Surface-Level-Approach* beim Lesen eines Lehrtextes [1]:

1. Die Lernenden versuchen nicht, den Autor oder die Autorin in seinen/ihren Gedankengängen zu verstehen.
2. Sie richten ihre Konzentration auf Oberflächliches, auf Schlagwörter.
3. Sie verhalten sich als leeres Gefäss, in das (sinnlose) Inhalte gefüllt werden.
4. "Skating along the surface of a text".
5. Es ist kein persönliches Engagement vorhanden.
6. Die Lernenden erleben die Arbeit als aufgezwungen.
7. Sie haben grosse Schwierigkeiten, zwischen Prinzipien und Beispielen zu unterscheiden, ebenso zwischen Schlussfolgerungen und Beweisen, zwischen wichtigen Punkten und Nebensächlichkeiten.
8. Lernen kommt einer Konsumhaltung nahe, Lerninhalte sollen bloss reproduziert werden; man setzt die Zahlen in die entsprechende Formel ein.
9. Quantität steht vor Qualität.
10. Kurzfristiges Lernen auf eine Prüfung führt zu raschem Vergessen nach der Prüfung.
11. Wirkliches Lernen wird imitiert, die Lehrperson nach Möglichkeit ausgetrickst.
12. Mit Formeln um sich werfen und auswendig Gelerntes wiedergeben, ohne den Sinn dahinter zu verstehen.

Charakteristika des *Deep-Level-Approach* beim Lesen eines Lehrtextes [1]:

1. Dem Text wird persönliche Bedeutung zugeordnet.
2. Die Prüfung wird nicht als Damoklesschwert empfunden.
3. Es werden Versuche unternommen, den Text zu verstehen, indem Verbindungen innerhalb des Textes hergestellt werden.
4. Es erfolgt eine Suche nach der zugrunde liegenden Struktur.
5. Es werden Verbindungen zur wirklichen Welt und zu bereits Bekanntem hergestellt.
6. Wenig Energie wird darauf verwendet, sich an den Text zu erinnern, sondern darauf, den Text zu verstehen (Erinnerung erfolgt von selbst).
7. Aktive Versuche zu verstehen werden unternommen.
8. Quantität ist ebenso wichtig wie Qualität.

*Deep-* und *Surface-Level-Approach* sind jedoch keine festsitzenden Persönlichkeitsmerkmale, jeder Student, jede Wissenschaftlerin kann je nach Situation nach dem einen oder anderen Approach lernen. Soll ein vorherrschender *Surface-Level-Approach* bei Studierenden in *Deep-Level-Approach* umgewandelt werden, müssen nicht einzelne Studierende verändert werden, sondern ihre Erfahrungen, Auffassungen und Wahrnehmung des Lernstoffes.

Diverse empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass der eingeschlagene Approach (*Deep-* oder *Surface-Level*) mit der Lernleistung (*Learning-Outcome*) korrelieren, welche sich in der Prüfungsperformance niederschlägt. Wird der Lernstoff nur nach *Surface-Level-Approach* angegangen, können bloss Schlussfolgerungen wiedergegeben werden, ohne tieferes Verständnis dahinter. Es gelingt auch nicht, die Schlussfolgerungen auf verwandte Situationen zu übertragen. Siehe dazu [6], [1], sowie Referenzen in [1].

Soll *Deep-Level-Approach* gefördert werden, muss auch die Prüfung des Lernstoffes entsprechend gestaltet sein: die Prüfung darf keinesfalls auf das Abfragen reinen Faktenwissens zielen, sondern muss sich neben dem Faktenwissen auf das Herstellen von Zusammenhängen konzentrieren.

Lernen nach dem *Surface-Level-Approach* ist **notwendig und hinreichend** für **tiefe** Lernqualität.

Dagegen ist Lernen nach dem *Deep-Level-Approach* **notwendig aber nicht hinreichend** für **hohe** Lernqualität.

### **Wohin sollten wir unsere Studierenden überhaupt führen?**

Einige Zitate dazu:

Hale (1964) [7]:

1. An implicit aim of higher education is to encourage students to think for themselves.

Ashby (1973) [8]:

1. Students should develop from the uncritical acceptance of orthodoxy to creative dissent...

Aulich (1990) [9]

1. University graduates should possess a capacity to look at problems from a number of different perspectives, to analyse, to gather evidence, to synthesize, and to be flexible, creative thinkers.

Knapper (1990) [10] fasste zwei Studien an der Monash University in Australien und University of Alberta, Canada zusammen, welche Einigkeit über 3 von 15 Lehrzielen zeigten:

1. to teach students to analyze ideas and issues critically
2. to develop students' intellectual/thinking skills
3. to teach students to comprehend principles or generalizations

Ramsden [1] fasste die gewünschten Eigenschaften zusammen, welche Studierende erwerben sollten:

1. Fähigkeit zu analysieren
2. Fähigkeit zu verstehen
3. Fähigkeit, Signifikanz einzuschätzen
4. Fähigkeit zu interpretieren

### **Merkmale guter Dozierender (nach Ramsden, 1992 [1])**

1. Ein Bedürfnis, seine Freude für das Thema den Studierenden weiterzugeben
2. Die Fähigkeit, den vermittelten Stoff stimulierend und interessant zu gestalten
3. Die Fähigkeit, sich mit den Studierenden auf ihrer Stufe des Verstehens auseinanderzusetzen
4. Die Fähigkeit, den Stoff einfach zu erklären
5. Die Verbindlichkeit, absolut klar zu kommunizieren, was verstanden werden muss, auf welchem Niveau und weshalb
6. Ein erkennbares Interesse für und Respekt gegenüber den Studierenden
7. Ein Engagement, studentische Unabhängigkeit zu fördern
8. Die Fähigkeit, zu improvisieren und sich neuen Anforderungen anzupassen
9. Die Anwendung von Lehrmethoden und akademischen Aufgaben welche von den Studierenden aktives, verantwortungsvolles und kooperatives Lernen erfordern

10. Der Einsatz zuverlässiger Prüfungsmethoden
11. Die Fähigkeit, auf Schlüsselkonzepte und studentische Missverständnisse zu fokussieren, anstatt zu versuchen, allen Lernstoff abzudecken
12. Der Wille, auf studentische Arbeiten bestmögliches, qualitativ hochstehendes Feedback zu geben
13. Ein Bedürfnis, von den Studierenden und anderen Quellen zu lernen, welcher Effekt das eigene Lehren hat und wie die eigene Lehrtätigkeit verbessert werden könnte

#### **Kriterien guter Hochschullehre [11]:**

1. Lehrziele sind klar definiert.
2. Studentische Interessen werden ermutigt.
3. Lehrende sind für ihre Lehre gut vorbereitet.
4. Lehrende sind Experten in ihrem Fach.
5. Lehrende sind begeistert von ihrem Fach.
6. Lehrende betonen wichtige Teile ihres Faches.
7. Lehrmethoden werden benutzt, die die aktive Kooperation der Studierenden ermöglichen.
8. Aktives und selbstgesteuertes studentisches Lernen wird ermutigt.
9. Lehrende respektieren individuelle studentische Unterschiede.
10. Lehrende fragen nach Feedback.
11. Lehrende antworten auf studentisches Feedback.
12. Die Prüfung von Studierenden ist fair und zuverlässig.
13. Individuelle Kurse werden geplant, um integrativ zu Studienthemen eines/er Studierenden beizutragen.
14. Bücher und andere Quellen sind verfügbar.
15. Lehrende zeigen die Bereitschaft zu helfen.

#### **Sechs Thesen zur Förderung studentischen Lernens [11]:**

- These 1: Studentisches Lernen wird gefördert durch Einbeziehung der *Teilnehmervoraussetzungen* (z.B. Vorkenntnisse, Interessen, Erwartungen, Erfahrungen, Lernansätze).
- These 2: Studentisches Lernen wird gefördert durch *Ziele und Inhalte*, die diesen Voraussetzungen entsprechen.
- These 3: Studentisches Lernen wird gefördert durch *Formen des Lehrens und Lernens*, die eine aktive Einbeziehung der Lernenden ermöglichen (sog. teilnehmerzentrierte Lehrmethoden oder Formen des aktiven Lernens).
- These 4: Studentisches Lernen wird gefördert durch ein *Lehrverhalten*, das durch „emotionale Wertschätzung und einen mittleren Führungsgrad“ (sog. sozialintegratives oder demokratisches Lehrverhalten) gekennzeichnet ist.
- These 5: Studentisches Lernen wird gefördert durch ein angstfreies *Lernklima*.
- These 6: Studentisches Lernen wird gefördert durch Einsatz von *Medien*, die eine aktive studentische Beteiligung ermöglichen.

## Was kann die klassische Vorlesung überhaupt leisten?

Bezüglich der oben aufgeführten Kriterien guter Lehre / guter Dozierender vernachlässigt der klassische Frontalunterricht vieles sträflich, was für einen effektiven Unterricht bedeutsam ist. Nach konstruktivistischem Ansatz scheint sich der Frontalunterricht in seiner Lehreffektivität sogar selbst zu disqualifizieren. Dennoch hat er in bestimmten Situationen durchaus seine Berechtigung. Allerdings darf seine Wirkung nicht überschätzt werden.

Das Argument:

"Die Vorlesung geht mit dem Zeitaufwand der Dozierenden ökonomisch um, es kann mehr Stoff abgedeckt werden als im Tutorat oder im Seminar."

hinkt und kann folgendermassen widerlegt werden:

"Wenn die Lernziele nicht erreicht werden können, hilft die Vorlesung nichts. **Wichtig ist was die Studierenden lernen, nicht wieviel Stoff behandelt wurde!**"

"Wenn Dozierende mit dem Stoff das ganze Gebiet abdecken, heisst das noch lange nicht, dass die Studierenden beim Lernen ebenfalls alles abdecken" [1]

Es bestehen diverse Vorstellungen darüber, was eine klassische Vorlesung alles zu leisten vermag. Diese wurden von Bligh [12] folgendermassen zusammengefasst:

- Beschaffen von Information (Prinzipien und Zusammenhänge kennen, Faktenwissen erwerben, Rahmen liefern für Auswahl des Lesestoffs)
- Anregen von Denkprozessen
- Änderungen in Einstellungen von Studierenden erreichen

In seiner Metastudie [12] verglich Bligh die Effektivität von Vorlesungen mit anderen Lehrformen wie Diskussion, Lesen im Selbststudium / angeleitetes Lesen, Vorlesung und Diskussion, Reverse-Teaching (Studierende lehren einander gegenseitig), Taped-Lecture (Vorlesung ab Videoaufnahme) und Laborarbeit. Folgende ernüchternde Resultate wurden erzielt:

1. Die Vorlesung ist verglichen mit anderen Methoden ähnlich effektiv, um Information zu vermitteln.
2. Die meisten Vorlesungen sind weniger effektiv als andere Methoden im Auslösen von Denkprozessen. Denkprozesse beinhalten Kombinieren und Anwenden von Prinzipien. Lernen benötigt eine Phase der Praxis, Vorlesungen bieten dazu normalerweise keine Möglichkeit; noch weniger Möglichkeiten bieten sie, um seine Gedanken aktiv auszudrücken.
3. Einstellungen in den Köpfen von Studierenden zu ändern sollte normalerweise nicht ein Hauptlernziel einer Vorlesung sein.

Allerdings wäre der voreilige Schluss falsch, Vorlesungen vollkommen abzuschaffen. Dubs [13] sieht nämlich bei allzu viel kooperativem Lernen (z.B. Gruppenarbeiten) auch die Gefahr negativer Auswirkungen: Studierende können demotiviert werden, weil sie mangels guter Arbeit in der Gruppe nichts gelernt haben.

Nach Dubs [13] als starkem Verfechter des Beibehalts von Vorlesungen eignet sich die Vorlesung dann, wenn

1. zur Einführung in einem Lehrbereich grundlegende Übersichten, Informationen und ein Strukturwissen zu vermitteln sind, die für späteres Lernen unabdingbar sind; dies vor allem dann, wenn es schwierig ist, dieses Orientierungswissen in der Literatur zu finden oder widersprüchliche Theorien und Begriffsgefüge vorliegen,
2. in ein für Lernende neues oder unvertrautes Gebiet einzuführen ist,

3. für einen Lernbereich oder eine Problematik motiviert werden soll.

Allerdings können laut Dubs Vorlesungen markant verbessert werden, wenn

1. die Studierenden auch in Massenvorlesungen aktiviert werden (Fragen, Kleingruppenarbeiten zur Anwendung oder Vertiefung von vorgetragenen Inhalten, formative Tests, d.h. die Lernenden erhalten immer wieder die Gelegenheit, Testaufgaben zu lösen, die sofort besprochen werden),
2. auch bei der systematischen Wissenserarbeitung immer wieder Problemstellungen und Anwendungsaufgaben eingebaut werden, wobei die Dozierenden ihre Denkprozesse (Lösungsstrategien) aufzeigen; das Modellieren (der Dozent macht seine Denkprozesse sichtbar) ist eine besonders wirksame Form der Denkförderung und der Unterstützung metakognitiver Prozesse (Nachdenken über den Prozess des Denkens),
3. der Vorlesungsaufbau pädagogische Aspekte berücksichtigt: Klare Problementwicklung (viele Lernende können Vorlesungen nicht folgen, weil sie die der Vorlesung zugrunde liegende Problemstellung nicht richtig erfassen), eindeutige Zielsetzungen, klar erkennbare Struktur, anschauliche Begriffsbildung (kein Vorlesen von Definitionen), Anwendungsbeispiele oder Illustrationen, zweckmässige Visualisierung, klare Zusammenfassung.

The average teacher tells  
The good teacher explains  
The superior teacher models  
The great teacher inspires  
(author unknown)

### **Warum halten wir denn so streng an der klassischen Vorlesung fest?**

Einige provokative Erklärungsmöglichkeiten:

- weil wir keine Alternative kennen
- weil wir mit unentwickelten Theorien über das Lernen arbeiten
- weil wir die Macht als Dozierende geniessen

### **Warum findet in der Lehrveranstaltung so wenig Dialog statt?**

Dies hat mit der Frage zu tun, mit wem wir uns im allgemeinen gerne unterhalten. Wir empfinden eine Unterhaltung mit Gesprächspartnern oder -partnerinnen als angenehm, wenn diese uns antworten und sich für unsere Meinung interessieren. In alltäglichen Situationen können wir nicht ungezwungen mit Leuten reden, die unsere Ideen ablehnen oder uns sogar unsympathisch erscheinen. Dieses Prinzip gilt nicht nur im Alltag, sondern auch im Hochschulunterricht. Wenn wir auf Versuche, Interaktion in die Vorlesung einzubauen, auf Desinteresse oder sogar Rückweisung stossen, demotiviert das. Deshalb ist es wichtig, beabsichtigte Interaktionen im voraus gut zu planen.



## Wie können Interaktionen gefördert werden?

### Fragen einstreuen



- In der Lehrveranstaltung Sequenzen einbauen, in denen gut vorbereitete, offene Fragen gestellt werden. Nicht alle Fragen aus dem Stegreif stellen.
- Beim Fragenstellen auf die eigene Haltung gegenüber den Studierenden achten: es soll kein Verhör durchgeführt werden, sondern bei den Studierenden vorhandenes Wissen aktiviert werden. Denkprozesse sollen ausgelöst werden.
- Auf nonverbalen Anteil der Kommunikation achten (Nicken, Augenkontakt, Abstand zum Publikum, etc.)
- Studierende dazu ermuntern, eine gestellte Frage kurz mit dem Banknachbar oder der Banknachbarin zu besprechen, erst dann einzelne Studierende direkt ansprechen, eine Antwort zu geben. Die meisten Studierenden befürchten, sich vor den anderen mit einer falschen Antwort zu blamieren. Die kurze Diskussion nimmt diesen Druck weg, da bereits eine "Kontrollinstanz" dazwischen geschaltet ist.
- Fragesätze kurz halten.
- Nur eine Frage aufs mal stellen.
- Versuchen, möglichst alle zu aktivieren. Deshalb auch einfache Fragen stellen (z.B. woran erinnern Sie sich beim Stichwort....?)
- Genügend Zeit für Antwort lassen (Spannung aushalten und innerlich Sekunden zählen)
- Eventuell Brainstorming als Fragetechnik einsetzen.
- Richtige Antworten nicht sofort "belohnen", das kann schüchterne Studierende an einer Beteiligung hemmen. Andere Studierende fragen, was sie dazu meinen (stimmen Sie damit überein?).
- Falsche Antworten nicht unmittelbar also solche zu erkennen geben, sondern Antwort an andere weiterreichen (was meinen Sie dazu?)
- Kommentare der Studierenden zueinander in Beziehung setzen.
- Auch Fragen stellen, auf die es keine eindeutige Antwort gibt (zum Schluss der Diskussion bekannt geben, dass die Frage ungelöst bleibt).
- Mehr Moderation als Dialog (siehe dazu Unterlagen von W. Wellstein)

## Fragetypen: Offene und geschlossene Fragen

<p><i>geschlossene Fragen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• verlangen nur Wiedergabe von vorher Gelerntem</li><li>• erwarten nur Ja oder Nein</li><li>• suggerieren die Antwort (Extremfall rhetorische Frage: "ist es nicht kalt hier drin?")</li><li>• lassen nur eine bestimmte Lösung zu</li></ul>	<p><i>offene Fragen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• lassen den Studierenden Spielraum</li><li>• geben mehrere Wege frei</li><li>• lassen alternative Lösungen zu</li><li>• regen zum Nachdenken an</li></ul>
---	---

Beispiele:

~~Können Sie sich daran noch erinnern?~~ Was ist Ihnen davon noch präsent?

~~Ist Radon ein Gift?~~ Warum wird Radon als Gift betrachtet?

~~Haben Sie begriffen wie man diese Auswertung vornimmt?~~ Woran muss man denken, wenn man diese Auswertung vornimmt?

~~Gibt es Fragen dazu?~~ Welche Fragen kommen Ihnen dazu in den Sinn?

W-Fragen stellen, diese lassen nur selten eine Ja/Nein Antwort zu.

W-Fragen sind:

- Wer
- Welcher/Welche
- Was
- Warum
- Wie
- Wann

Weitere Beispiele offener Fragen, die zum Denken auf höheren Kognitionsstufen anregen:

- Wie könnte die Lösung aussehen?
- Was wird Ihrer Einschätzung nach als nächstes passieren?
- Welche Annahmen treffen wir, wenn wir diese Formel benutzen?
- Was könnte dafür verantwortlich sein?
- Wie könnten wir das herausfinden?
- Wie kann ich diesen Fehler korrigieren?
- Wie könnten wir dieses Problem verhindern?
- Was sind hier mögliche Sicherheitsprobleme?

### Wartezeit

Eine empirische Untersuchung von M.B. Rowe [14] machte ein interessantes Phänomen von Fragen im Unterricht sichtbar. Darin wurden die Wartezeiten, welche nach dem Stellen einer Lehrerfrage und nach dem anschliessenden Kommentieren der Schülerantwort eingehalten wurden, in Bezug zur Qualität der Antworten gesetzt. Die Untersuchung erfolgte in naturwissenschaftlichem Unterricht auf verschiedenen Stufen, von Primary-Grade bis zur High-School in den USA. Rowe definierte in ihrer Untersuchung zwei unterschiedliche Wartezeiten. Als Wartezeit 1 wurde der Zeitabschnitt zwischen dem Stellen einer Frage und dem Aufrufen einer Schülerin oder eines Schülers definiert. Wartezeit 2 galt als Zeitabschnitt zwischen einer Schülerantwort und der Kommentierung durch die Lehrperson.

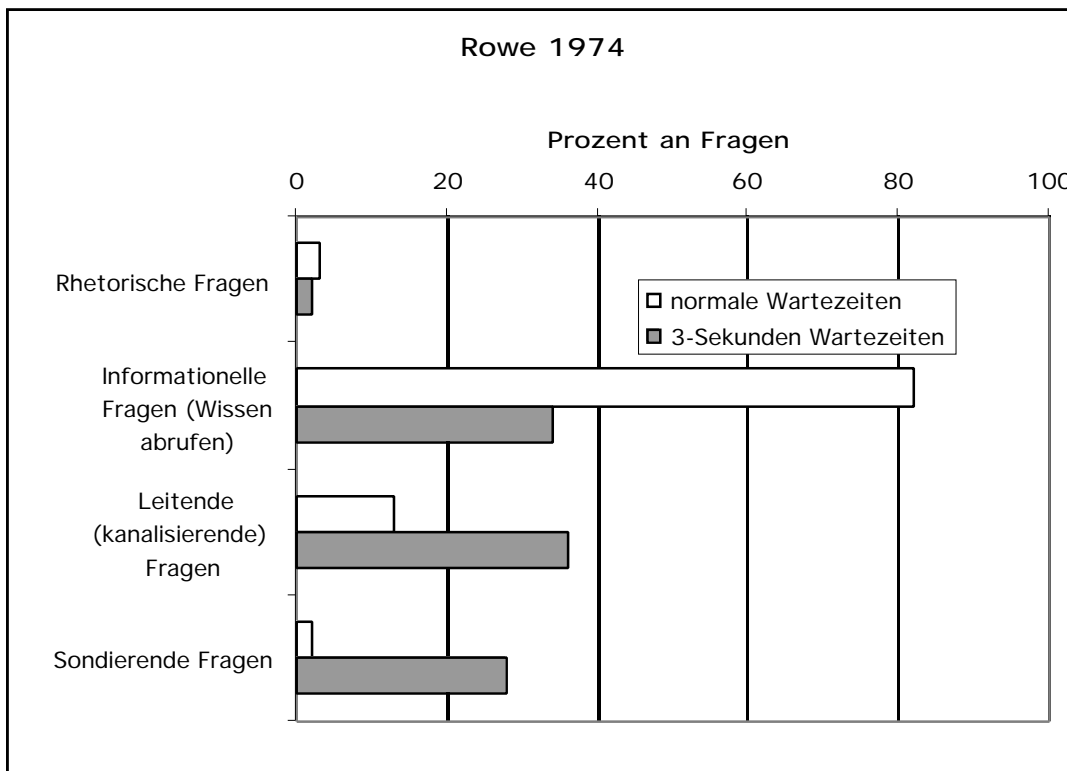
Im Durchschnitt wurde für beide Wartezeiten eine Sekunde ermittelt. In der Untersuchung wurden 96 Lehrpersonen einem speziellen Training unterworfen, welches zum Ziel hatte, die beiden Wartezeiten im Unterricht auf drei Sekunden auszudehnen.

Die beobachtbaren Auswirkungen auf den Unterricht waren frappant:

Die Antworten der Schüler/innen wurden ausführlicher, es kam zu mehr spontanen Wortmeldungen, auch stillere Schüler/innen beteiligten sich, es wurden spontan mehr Fragen von Schülerseite gestellt, spekulatives Denken nahm zu und einige weitere positive Veränderungen stellten sich ein.

Zu diesen Veränderungen im Schülerverhalten hatte das Training einen weiteren, unerwarteten Rückkopplungseffekt auf die Lehrpersonen: die Qualität der gestellten Fragen nahm zu. Wo vor dem Training reine Wissensfragen (Abruf von Gelerntem) klar dominierten (82%), wurden nach dem Training signifikant mehr intellektuell herausfordernde Fragen gestellt (siehe Graphik).

Es scheint sich somit durchaus zu lohnen, nach einer gestellten Frage die - teils unangenehme - Spannung zu überwinden, und sich Mühe zu geben, nicht allzu rasch die Stille zu unterbrechen.



#### Weitere Techniken, um Interaktionen auszulösen

1. In der ersten Stunde der Lehrveranstaltung Vorwissen bei den Studierenden aktivieren: "Nehmen Sie ein Blatt Papier und fassen Sie kurz zusammen, was Sie zum Thema ...bereits wissen". Hier wird mit bereits bekanntem verknüpft, eine ideale Voraussetzung, neues zu lernen.
2. In der ersten Stunde der Lehrveranstaltung oder bei Themawechsel Wissenslücken identifizieren: "Nehmen Sie ein Blatt Papier und schreiben Sie möglichst viele Dinge auf, die Sie zum Thema ...noch nicht wissen." Diese Liste fördert die Motivation, sich mit dem neuen Thema auseinanderzusetzen.
3. In der Lehrveranstaltung gestellte Fragen zuerst mit Banknachbar kurz diskutieren lassen, erst danach zur Antwort auffordern. Dies hat den Vorteil, dass sich alle mit der Frage auseinandersetzen. (Dies funktioniert allerdings nur mit offenen und kanalisierenden Fragen, nicht aber mit geschlossenen).
4. Zu Beginn der Stunde die Studierenden auffordern, stichwortartig zusammenzufassen, an was sie sich aus der vergangenen Stunde erinnern.

5. Am Anfang einer Stunde die vorhergegangene Vorlesungsstunde von Studierenden in einem Kurzvortrag zusammenfassen lassen. Zu Beginn der Stunde Freiwillige für die nächste Zusammenfassung gewinnen, so dass Protokollieren / Notizen-Verfassen besonders sorgfältig und vollständig erfolgen kann. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Kurzvorträge mehr Zeit beanspruchen, als geplant wurde.
6. Variation: Eine Gruppe von Studierenden erhält den Auftrag, bis zur nächsten Vorlesung eine Zusammenfassung der vergangenen Vorlesung auszuarbeiten, diese mit einer Kurzpräsentation vorzutragen und danach den Mitstudierenden einige relevante Fragen zum Stoff zu stellen.
7. Von Studierenden ein Skript zu einer Vorlesungsstunde oder einem ausgewählten Teil verfassen lassen. Dies kann auch als on-line-Skript zusammengestellt werden.
8. Lernaufgaben abgeben. (Ein Beispiel einer Lernaufgabe aus der Vorlesung "Kancerogenese" findet sich im Anhang.)
9. Im Verlauf der Vorlesung die Studierenden auffordern, je eine Frage ("Prüfungsfrage") zu dem soeben behandelten Thema auf eine Karte zu schreiben. Karten einsammeln, mischen und zur Beantwortung von Studierenden ziehen lassen.
10. Eigene Fragen auf vorbereiteten Karten mitbringen und von ausgewählten Studierenden ziehen und beantworten lassen.
11. Blatt mit Multiple-choice Fragen zum soeben behandelten Thema verteilen. Richtige Antworten sollen jedoch nicht nur angekreuzt werden, sondern schriftlich begründet werden.
12. Die Einführung in ein neues Thema Studierenden überlassen. Eine Zweiergruppe arbeitet sich anhand abgegebener Literatur (Ausschnitt aus Lehrbuch, Zeitungsartikel, Zeitschriftenartikel) in das Thema ein und versucht, einen Bezug des Stoffs zum Alltag herzustellen (wo spielt dieses Phänomen, dieses Problem in unserem Alltag eine Rolle?). Das Resultat der Studie wird den Mitstudierenden in einem Kurzvortrag vorgestellt.
13. Studierende in Gruppen von 3-4 Personen zum behandelten Thema "generische Fragen" diskutieren lassen:
  - Wie bezieht sich...auf das was wir vorher gelernt haben?
  - Welche Schlussfolgerung kann ich aus...ziehen?
  - Was sind die Stärken und Schwächen von...?
  - Was ist die Hauptidee von...?
  - Was ist ein neues Beispiel für...?
  - Welches davon ist das beste und warum?
  - Was geschieht wenn...?
  - Erklären Sie warum...?
  - Worin sind ... und ...ähnlich?
  - Warum ist...wichtig?
  - Wie würden Sie...benutzen, um...?
  - Wie wird...dadurch beeinflusst?
 (aus Workshop von R. Felder und R. Brent "Effective Teaching")

14. Classroom-Assessment-Techniques [15] anwenden.

### **Classroom Assessment Techniques**

Classroom Assessment Techniques [15] (CATs) werden zur formativen Evaluation eingesetzt. Sie beanspruchen wenig Zeit, liefern aber ein gutes Bild über den Grad des Verständnisses bei den Studierenden. CATs bringen automatisch Interaktionen in eine Lehrveranstaltung. Im Gegensatz zu einer summativen Evaluation am Ende der Lehrveranstaltung erlauben CATs - falls nötig - einen Kurswechsel vorzunehmen.

---

\* In meiner Vorlesung "Kancerogenese" haben die vorgegebenen 5-minütigen Vorträge zum Teil bis zu 15 Minuten beansprucht.

CATs werden immer unbenotet durchgeführt, in der Regel anonym. Eine Rückmeldung der Resultate und was damit angefangen werden soll, ist absolute Pflicht.

CATs sind auf die Studierenden fokussiert, falsche Lernstrategien können erkannt werden. Im Gegenzug sind CATs auch auf Dozierende gerichtet, sie lassen ineffiziente Lehrmethoden sichtbar werden. Die durch CATs erhöhte Motivation ist sowohl Studierenden als auch Dozierenden förderlich und sollte integrierter Bestandteil guter Lehrtätigkeit sein.

Einige Beispiele von CATs:

CAT Nr. 1: Background Knowledge Probe

Kann zu Beginn einer Lehrveranstaltung oder bei Themawechsel eingesetzt werden

Ziel: Studierende am richtigen Ort ihres Wissensstandes abholen  
Einführung dem Wissensstand anpassen

Durchführung: kurzen Fragekatalog (auch multiple choice Fragen) beantworten lassen  
unterschiedlich anspruchsvolle Fragen stellen, damit alle mindestens eine Frage beantworten können  
eventuell auch ungelöste Fragen stellen (Meinungen einholen)

Ein Bsp. einer Background Knowledge Probe aus meiner Vorlesung "Kanzergenese" zum Thema Molekulargenetik findet sich im Anhang)



CAT Nr. 2: One Minute Paper

Bitte beantworten Sie jede Frage in höchstens 2 Sätzen

- 1) Welches ist die nützlichste bzw. bedeutungsvollste Erkenntnis, die Sie in dieser Veranstaltung gewonnen haben ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- 2) Welche Fragen beschäftigen Sie am Ende dieser Stunde am meisten ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

CAT Nr. 3: One sentence summary

Wer tut was, wem, wann, wo, wie und warum?  
in einen einzigen grammatikalisch richtigen Satz verpacken.

Das One-sentence-summary eines Studierenden aus meiner Vorlesung "Kanzergenese" zum Thema DNA-Schädigung durch Chemikalien lautete:

Nach Eintritt in den Zellkern interagieren gewisse reaktive Chemikalien mit der DNA indem sie kovalente Bindungen eingehen, dadurch ihren Elektronen-Unterschuss wettmachen und in der Folge Mutationen auslösen.

Analyse des One-sentence-summary auf Vollständigkeit:

wer?	reaktive Chemikalien
tut was?	gehen Bindungen ein
wem?	mit der DNA
wann?	nach Eintritt in den Zellkern
wo?	im Zellkern
wie?	mit kovalenten Bindungen
warum?	um ihren Elektronen-Unterschuss wettzumachen

*CAT Nr. 4: Student Generated Test Questions*

Studierende werden aufgefordert, ein bis zwei Fragen zum soeben behandelten Thema zu formulieren. (eventuell mit Diskussion in der Kleingruppe). Die Fragen sollen neu sein, bereits gestellte Fragen werden sichtbar gemacht (z.B. an Pinnwand heften). Sofort rückmelden, falls allzu leichte Fragen gestellt werden.

Als Anreiz können gute Fragen ins eigene Repertoire aufgenommen, um später als Prüfungsfragen gestellt zu werden. Dieses CAT kann böse Überraschungen vermeiden. Eine Rückmeldung des/der Dozent/in ermöglicht eine Kommunikation darüber, wie tiefes Verständnis des jeweiligen Gebietes erwartet wird.

*CAT Nr. 5: Muddiest Point*

Welches war für Sie der verworrenste Punkt der heutigen Vorlesungsstunde, was ist Ihnen am wenigsten klar geworden?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

CAT Nr. 6: Goup-Work Evaluations

1. <i>Wie effizient</i> arbeitete Ihre Gruppe gesamthaft gesehen bei der Lösung der zugewiesenen Aufgabe zusammen? (Passende Antwort umkreisen).	1	2	3	4	5
	überhaupt nicht	wenig	angemessen	gut	sehr gut
2. <i>Wieviele</i> der Gruppenmitglieder <i>arbeiteten</i> während der meisten Zeit <i>aktiv mit</i> ? (Passende Antwort umkreisen).	0	1	2	3	4
3. <i>Wieviele</i> von ihnen waren während der meisten Zeit für die Aufgabe gut vorbereitet? (Passende Antwort umkreisen).	0	1	2	3	4
4. Geben Sie ein konkretes Beispiel für etwas, das Sie von der Gruppe gelernt haben und das Sie alleine wahrscheinlich nicht gelernt hätten.					
5. Geben Sie ein konkretes Beispiel für etwas, das die anderen Gruppenmitglieder von Ihnen gelernt haben und das sie wahrscheinlich ohne Sie nicht gelernt hätten.					
6. Schlagen Sie eine bestimmte, praktische Änderung vor, welche die Gruppe vornehmen könnte, und Ihnen helfen würde, den Lernprozess für jedes Gruppenmitglied zu verbessern.					





CAT Nr. 7: Group Instructional Feedback Technique

Bitte geben Sie kurze und ehrliche Antworten auf die untenstehenden Fragen (anonym)

- 1) Nennen Sie maximal 2 Dinge, die Ihre Lehrperson tut und die Ihnen **beim Lernen besonders helfen**.

.....  
.....  
.....  
.....

- 2) Nennen Sie maximal 2 Dinge, die Ihre Lehrperson tut und die Sie **beim Lernen hindern oder beeinträchtigen**.

.....  
.....  
.....  
.....

- 3) Bitte machen Sie Ihrer Lehrperson maximal 2 konkrete **praktische Vorschläge über Mittel und Methoden**, die Ihnen helfen würden, **Ihr Lernen in dieser Veranstaltung zu verbessern**.

.....  
.....  
.....  
.....

CAT Nr. 8: Directed Paraphrasing

Die Studierenden auffordern, ein behandeltes Thema für zwei unterschiedliche Zielpublika (Laien/Experten) in wenigen Sätzen zusammenzufassen.

CAT Nr. 9: Punctuated Lectures

Dieses CAT kann Reflexion über den eigenen Lernstil auslösen. An einem definierten Punkt wird die Vorlesung unterbrochen und den Studierenden folgende Gedankenanstregungen zu ihren Lernaktivitäten innerhalb der vergangenen 10 Minuten gegeben.

1. Wie gross war Ihre Konzentration während der letzten 10 Minuten? Wurden Sie an irgend einem Punkt abgelenkt? Falls ja, wie haben Sie Ihre Konzentration auf die Vorlesung zurückgeführt?
2. Was haben Sie unternommen, um die empfangene Information zu speichern? Wie erfolgreich waren Sie dabei?
3. Was haben Sie getan, um Verbindungen zwischen neuer Information und Bekanntem zu knüpfen?
4. Was haben Sie als nächstes Thema der Vorlesung erwartet und warum?

Den Studierenden wird ein bis zwei Minuten Zeit gegeben, sich diese Fragen zu überlegen, danach nochmals soviel Zeit, um ihre Gedanken aufzuschreiben. Blätter danach einsammeln und auswerten.

CAT Nr. 10: Teacher-Designed Feedback Forms

1. <i>Wie verständlich</i> war für Sie die heutige Vorlesung? (passende Antwort umkreisen).	1 völlig unverständlich	2 etwas unverständlich	3 meist verständlich	4 sehr verständlich	5 extrem verständlich
2. <i>Wie interessant</i> fanden Sie die heutige Vorlesung? (passende Antwort umkreisen).	1 total langweilig	2 meist langweilig	3 etwas interessant	4 sehr interessant	5 extrem interessant
3. <i>Wie nützlich</i> war die heutige Vorlesung für das Erlernen des Stoffes? (Passende Antwort umkreisen).	0 nutzlos	1 nicht sehr nützlich	2 etwas nützlich	3 sehr nützlich	4 extrem nützlich
4. Was aus der heutigen Vorlesung empfanden Sie am hilfreichsten für Ihren Lernprozess? (geben Sie bitte ein bis zwei spezifische Beispiele)					
5. Wie hätte die heutige Vorlesung verbessert werden können? (machen Sie bitte ein bis zwei Vorschläge)					

Weitere 40 CATs sind zu finden im Buch von T. A. Angelo und K. P. Cross [15].



Und noch ein letztes CAT von Dr. Rosa Maria Widmer, Dep. UMNW, welches von ihr im Anschluss an eine Phase des Selbststudiums eingesetzt wird (personal communication).

Bitte beantworten Sie folgende Fragen:

1. Wie gross war Ihr Einsatz beim Selbststudium auf einer Skala von 1 (minimaler Einsatz) bis 10 (maximaler Einsatz)
2. Was müsste getan werden, damit Ihre Wertung zwei Punkte höher auf der Skala zu liegen käme?
3. Wie hoch ist Ihre Bereitschaft, dafür zu sorgen?



## Literaturhinweise

1. Ramsden P. Learning to Teach in Higher Education. Routledge, London and New York, 1992.
2. Reinmann-Rothmeier G, Mandl H. Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. *In*: Birbaumer N, Klix F, Spada H (ed), Enzyklopädie der Psychologie, 6. Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen, 1998, pp. 457-500.
3. Dubs R. Paradigmen des Lehrens und Lernens. *In*: Lehrerverhalten, Kaufmännischer Verein, Zürich, 1995, pp. 22-32.
4. Marton F, Säljö R. On qualitative differences in learning: I. Outcome and process. *Br J educ Psychol* 46:4-11, 1976.
5. Steiner V. Exploratives Lernen. Pendo Verlag, Zürich, 2000.
6. Van Rossum EJ, Schenk SM. The relationship between learning conception, study strategy and learning outcome. *Br J Educ Psychol* 54:73-83, 1984.
7. Hale E. Report of the Committee on University Teaching Methods. HMSO, London, 1964.
8. Ashby E. The structure of higher education: A world view. *Higher Education* 2:142-151, 1973.
9. Aulich T. Priorities for Reform in Higher Education. Australian Government Publishing Service, Canberra, 1990.
10. Knapper C. Lifelong learning and university teaching. *In*: Moses I (ed), Higher Education in the Late Twentieth Century: Reflexions on a Changing System, University of Queensland, Queensland, 1990, pp.
11. Berendt B. Was ist gute Hochschullehre? *Zeitschrift für Pädagogik* 41:247-260, 2000.
12. Bligh DB. What's the use of lectures? Harmondsworth: Penguin Books, 1972.
13. Dubs R. Universitätsstudium - Anforderungen aus der Sicht der Lehr- und Lernforschung. *Luzerner Hochschulreden* 8:3-21, 2000.
14. Rowe MB. Wait-time and rewards as instructional variables, their influence on language, logic, and fate control: part I - Wait-Time. *J Res Science Teaching* 11:81-94, 1974.
15. Angelo TA, Cross KP. Classroom Assessment Techniques. Jossey-Bass, San Francisco, 1993.

## Anhang

### 1. Beispiel eines CATs "Background Knowledge Probe" aus der Vorlesung Kanzerogenese:

Welches Vorwissen aus der Molekularen Genetik bringen Sie mit?

(Background Knowledge Probe, anonym)

#### 1. Welche der folgenden Aussagen stimmen, welche sind falsch?

Ein Gen...

...ist derjenige Teil eines Proteins, welcher die katalytische Funktion beinhaltet. (richtig/falsch)

...ist ein definierter Abschnitt eines Chromosoms, welcher die Information für den Aufbau eines Proteins trägt (richtig/falsch)

...besteht aus einer sinnvollen Aneinanderreihung der vier Nukleotide A, T, C, U und trägt die Information für den Aufbau eines Proteins. (richtig/falsch)

Ihre eigene Definition eines Gens:.....

.....  
.....

---

#### 2. Welche der folgenden Elemente sind an der Genregulation beteiligt? (mehrere möglich)

- Prothetische Gruppe
- Enhancer
- Katalytische Domäne
- Promotor
- Transmembrandomäne

---

#### 3. Wie tief ist Ihr Wissen über die folgenden Vorgänge?

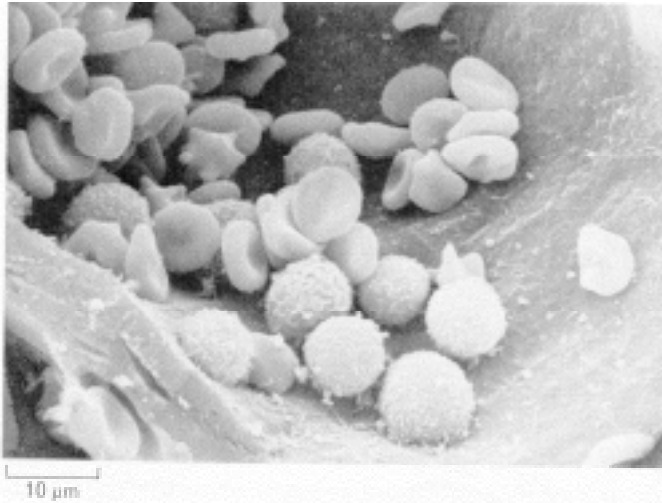
In eukaryontischen Zellen wird die in der DNA gespeicherte Geninformation durch den Prozess der Transkription in eine RNA kopiert. Die RNA wird danach durch Spleissen (splicing) prozessiert, so dass nicht-kodierende Intronsequenzen eliminiert werden. Die dadurch gereifte mRNA wird aus dem Zellkern ins Zytoplasma transportiert, wo sie an Ribosomen bindet. Im anschliessenden Vorgang der Translation werden anhand der Geninformation Peptidbindungen zwischen entsprechenden Aminosäuren aufgebaut, so dass ein definiertes Protein entsteht.

- ist mir völlig unbekannt
- ich habe davon schon gehört, weiss aber wenig über die einzelnen Schritte
- in einem biologischen Fach haben wir die einzelnen Schritte durchdiskutiert, unterdessen habe ich aber viel davon wieder vergessen
- die Vorgänge sind mir bekannt, ich könnte sie auch einem/r Mitstudierenden ohne weiteres erklären

2. Ein weiteres Beispiel eines CATs "Background Knowledge Probe" aus der Vorlesung *Kanzerogenese*:

## Fragen zum Thema Chromosomen?

(Background Knowledge Probe, anonym)



### Blutzellen in einer Vene

Erythrozyten (rote Blutkörperchen, abgeflachte Struktur)

Lymphozyten (weisse Blutkörperchen, runde Form)

**1. Wieviele Chromosomen befinden sich in einem menschlichen Lymphozyten?**

Anzahl Chromosomen gleich .....

---

**2. Wie würden Sie im Labor Chromosomen sichtbar machen?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

---

**3. Welche chromosomalen Anomalien (=Chromosomen-Störungen) sind Ihnen bekannt?**

zählen Sie möglichst viele auf: .....

.....  
.....  
.....  
.....

### 3. Ein Beispiel einer Lernaufgabe aus der Vorlesung "Kanzergenese":

## Lernaufgabe zu Mikrosatelliten als Marker

Die Verwendung von Mikrosatelliten als genomische Marker ist nicht einfach zu verstehen. Das Bearbeiten der folgenden Aufgabe wird Ihnen dabei helfen. Wenn Sie sich dieses Wissen erarbeitet haben, werden Sie viele weitere Konzepte der human-genetischen Kartierung begreifen und z.B. das Vorgehen beim Human-Genome-Project besser verstehen können. Der Aufwand lohnt sich!

### Problem

In einer grossen Familie tritt über vier Generationen die Hautkrebs-Erkrankung *Melanom* gehäuft auf. Sie vermuten, dass in dieser Familie ein krankmachendes Gen (oder mehrere Gene) vererbt wird. Als Arbeitshypothese nehmen Sie an, dass es sich um ein einziges Gen handelt. Da Sie nicht wissen können, um welches, nennen Sie es *MEL* (für Melanom). Sie legen die Nomenklatur so fest, dass gesunde Angehörige die normale Form *MEL* des Gens tragen, erkrankte Angehörige dagegen tragen eine veränderte Form, welche Sie *MEL\** nennen.

*MEL* ist somit das normale (wildtyp) Allel, *MEL\** das zugehörige krankmachende Allel. Das veränderte Allel *MEL\** unterscheidet sich vom Wildtyp-Allel *MEL* eventuell nur in einem einzigen Basenpaar. Wie können Sie da vorgehen? Ein scheinbar unlösbares Problem.

Um dem Gen auf die Spur zu kommen machen Sie weitere Annahmen:

1. Das veränderte Gen *MEL\** ist in allen (oder zumindest den meisten) PatientInnen der Familie vorhanden, neben dem normalen Allel *MEL* (der Genotyp von PatientInnen ist somit *MEL/MEL\**)
2. Gesunde Familienangehörige besitzen zwei normale Kopien des *MEL* Gens (ihr Genotyp ist *MEL/MEL*). (Für spitzfindige: *MEL\** könnte zwar auch in einigen gesunden Familienangehörigen vorhanden sein, die Melanom-Erkrankung ist aber zum Zeitpunkt der Beobachtung noch nicht ausgebrochen).
3. Bei der Suche nach dem Gen gehen Sie davon aus, dass in der näheren Umgebung (< 50 kb) eine Mikrosatellitensequenz vorhanden ist, dass somit das Gen *MEL*, wie auch sein Allel *MEL\** an einen bestimmten Mikrosatelliten gekoppelt ist. Sie wissen, dass Mikrosatelliten hoch polymorph sind, d.h. die beiden Allele eines Mikrosatelliten an einem bestimmten Locus (Ort im Genom) meist in unterschiedlicher Länge vorhanden sind.

Nun überlegen Sie sich folgendes: Wenn PatientInnen das veränderte Gen *MEL\** gemeinsam tragen, sollten sie auch den nächstgelegenen (gekoppelten) Mikrosatelliten (mit einer bestimmten Länge) gemeinsam tragen. Ihre Frage lautet somit:

kann ich einen Mikrosatelliten finden, welcher in einer bestimmten Länge in PatientInnen vorkommt, aber in gesunden Familienangehörigen in anderen Längen vorhanden ist?

Da es im menschlichen Genom ca. 50'000 Mikrosatellitensequenzen gibt, welche über alle Chromosomen verstreut vorliegen, wäre es eine Riesenarbeit, alle 50'000 in die Untersuchung mit einzubeziehen.

Wie Sie in der Vorlesung erfahren haben, führte eine Einschränkung auf 345 untersuchte Mikrosatelliten bei HNPCC zum Erfolg. Wir machen uns die Arbeit noch einfacher und beschränken uns auf drei Mikrosatelliten, D2S2393, D10S558 und D18S481, welche auf den Chromosomen 2, 10 und 18 lokalisiert sind. Die flankierenden DNA Sequenzen, welche die repetitive Sequenz (CA)<sub>n</sub> umgeben, sind Ihnen bekannt. Diese Information könnten Sie sich unter <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genemap98/> selbst besorgen (ist für die Aufgabe aber nicht notwendig).

Anhand der Ihnen bekannten DNA Sequenzen bestellen Sie sich drei PCR-Primerpaare zur PCR-Amplifikation der drei (zufällig) ausgewählten Mikrosatelliten. Nun entnehmen Sie Blut der Sie interessierenden Personen, reinigen Lymphozyten, isolieren daraus genomische DNA und führen für jede Blutprobe parallel drei PCR Amplifikationen mit den drei Primerpaaren durch, welche spezifisch die Mikrosatelliten D2S2393, D10S558 und D18S481 amplifizieren. Die erhaltenen PCR Produkte trennen Sie auf einem Polyacrylamid-Gel der Grösse nach auf (die DNA Fragmente laufen im elektrischen Feld von oben (- Pol) nach unten (+ Pol). Kleine Fragmente laufen schneller (weiter) durch das Gel, als grosse.

Wenn Sie die Mikrosatelliten-Analyse für eine bestimmte Person durchführen, werden Sie im allgemeinen zwei unterschiedlich grosse Allele des Mikrosatelliten beobachten (= zwei unterschiedlich



grosse Banden nach der Gelelektrophorese). Die Grössen sind unterschiedlich, da Mikrosatelliten eben so hoch polymorph sind. Manchmal finden Sie aber auch nur eine einzige Bande, dies kann der Fall sein, wenn zufällig beide Allele gleich gross sind. In diesem Fall spricht man davon, dass der bestimmte Mikrosatellit in dieser betreffenden Person nicht *informativ* ist.

Bei nicht-verwandten Personen besteht keine Korrelation der Allelgrössen eines beobachteten Mikrosatelliten. Bei verwandten Personen sind dagegen bestimmte Mikrosatelliten in gleicher Grösse vorhanden, da verwandte Personen ja auch gewisse Allele eines Gens gemeinsam tragen.

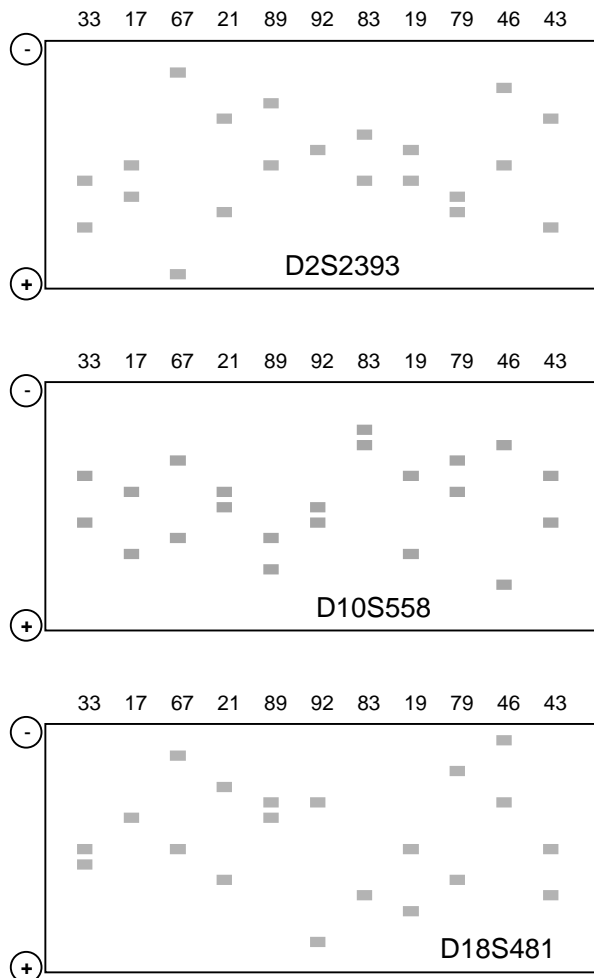
**Nun zu unserem Experiment:**

Sie untersuchen drei Mikrosatelliten (D2S2393, D10S558 und D18S481) in den Familienangehörigen welche mit folgenden Nummern anonymisiert wurden:

17, 19, 21, 33, 43, 46, 67, 79, 83, 89, 92

Die mit **fett** bezeichneten Personen (also 17, 21 und 79) sind Melanom-PatientInnen, die übrigen sind gesund.

Sie haben Zugang zu Blutproben dieser elf Personen, reinigen daraus DNA und führen die PCR Reaktionen zur Amplifikation der Mikrosatelliten-Marker D2S2393, D10S558 und D18S481 durch. Die PCR Produkte laden Sie auf drei Polyacrylamid-Gele (für jeden Mikrosatelliten-Marker eines) und erhalten folgendes Resultat:



Werten Sie das Resultat dieser Analysen aus und beantworten Sie die Frage, mit welchem Mikrosatellit das die Krankheit verursachende Gen gekoppelt ist?

Viel Erfolg

Christian Sengstag, 29. November 2000