

Kochbuch für Chemieseminare

von Kristian Rother

„Morgen habe ich schon wieder Seminar, wie bringe ich der Bande das mit der Chiralität bei?“

Die meisten Dozenten in der Chemie stand schon einmal vor einer ähnlichen Frage. Pikant daran ist, dass Themen im Universitätsalltag mit möglichst geringem zeitlichem Aufwand und ohne zusätzliche Kosten vermittelt werden sollen. Das Ergebnis ist oft Frontalunterricht, bei dem regelmäßig ein Teil der Studenten abschaltet. Dabei gibt es eine Menge alternativer Ansätze für die Lehre, die für Studenten und Dozent gleichermaßen erbaulich sind.

Ich habe in diesem Manuskript einige solcher Ideen zusammengetragen. Die didaktischen Hintergründe lasse ich komplett weg, und konzentriere mich auf die in der Praxis anwendbaren Methoden – kleine Kochrezepte, die sich leicht in eigene Lehrveranstaltungen einbauen lassen. Das Manuskript richtet sich an Dozenten, die die eigene Lehre verbessern möchten und bereit sind, unkonventionelle Wege auszuprobieren. Es soll helfen, Chemieseminare abwechslungsreich zu gestalten, Frustration auf beiden Seiten des Pults abzubauen und die Studenten so zu einer aktiven Teilnahme zu motivieren.

Das Material habe ich erarbeitet, während ich Medizinstudenten im 1. Semester Grundlagen der Chemie und Biochemie vermittelte. Über drei Semester fand ein wöchentliches dreistündiges Seminar mit 15-20 Teilnehmern und pro Semester fünf fünfstündige Versuchstage im Labor. Weitere Erfahrungen stammen aus Unterrichtseinheiten der Biochemie für Mediziner höherer Semester und der Bioinformatik für Studenten verschiedener Fachrichtungen (jeweils 4 SWS).

(Stand: Januar 2007)

Inhalt

Kochbuch für Chemieseminare.....	1
1. Was tue ich vor dem Seminar?.....	3
1.1 Stoffreduktion.....	3
1.2 Leitbilder.....	3
Leitbild "Baseball".....	3
Leitbild "Elektromagnetische Spaghetti".....	4
1.3 Methodenwahl.....	4
1.4 Wiederholungen.....	5
New York Minute.....	5
Domino.....	5
Bummeln.....	5
Blitzlicht mit Vorglühen.....	5
Wer wird Millionär.....	6
Gestenspiel.....	6
1.5 Binnendifferenzierung.....	6
2. Wie erkläre ich einzelne chemische Themen?.....	7
Orbitalmodelle.....	7
Spiegelverkehrtes.....	7
Tafelpuzzle "Reaktionstypen".....	7
Kartenmaterial "Funktionelle Gruppen".....	8
Partnerarbeit "Das Periodensystem bauen".....	8
Wiederholungsübung "Baseball".....	8
Pappmoleküle "Säuren und Basen".....	9
Übung "Kohlenhydrate".....	9
Unentbehrliche OH-Folien.....	9
Lerninseln.....	10
Kartenmaterial "Nukleinsäuren".....	10
Tafelpuzzle "Aufbau des Hämoglobins".....	11
Puzzle „Funktionen von Proteinen“.....	11
Kartenmaterial "Aminosäuren".....	11
Proteintanz.....	12
Exkurs "Erdgeschichte".....	12
Beispiel-Moleküle.....	12
Wiederholungsquiz "Jeopardy".....	13
3. Wie schaffe ich ein angenehmes Arbeitsklima?.....	14
3.1 Optische Barrieren abbauen.....	14
3.2 Die Gruppe kennen lernen.....	14
Vorstellen mit Gegenständen.....	14
Vorstellen mit Wiederholung.....	14
3.3 Die Gruppe schützen.....	14
3.4 Gute Referate halten lassen.....	15
Regeln für Referate.....	15
3.5 Feedback einholen.....	15
Urnengang.....	15
Jeder nur ein Kreuz.....	16
Brennen für die Chemie.....	16
3.6 Ambiente schaffen.....	16
4. Nützliche Materialien.....	17
5. Danksagungen.....	17

1. Was tue ich vor dem Seminar?

Bei der Vorbereitung einer Unterrichtsstunde wird das Gewicht of ausschließlich auf die fachliche Vorbereitung gelegt. Dabei kann der Dozent meistens ohnehin schon sehr viel mehr als er den Studenten zu vermitteln in der Lage ist. Deshalb sollten ein paar grundlegende Überlegungen zum didaktischen Aufbau des Seminars gemacht werden:

- 1.1) Wie zerlegt man den Stoff in verständliche Häppchen?
- 1.2) Wie stellt man den Stoff übersichtlich dar?
- 1.3) Wie transportiert man den Inhalt in die Köpfe?
- 1.4) Wie sorgt man dafür, daß er dort auch bleibt?

Ist das geschehen, kann es schon losgehen.

1.1 Stoffreduktion

Die Hauptaufgabe des Dozenten in einem Seminar ist, den Inhalt des für die Studenten noch unbekanntes Fachgebiets so zu strukturieren, daß sie ihn leicht erschließen können. Ich empfehle, damit anzufangen, und ich empfehle zu diesem Zweck eine zweistufige hierarchische Gliederung vorzunehmen. Zu einem Thema gibt es demnach Unterthemen ("Ankerpunkte"), die wiederum einzelne Detailthemen enthalten. Je ordentlicher diese Aufteilung vorgenommen und vermittelt wird, desto leichter werden die Studenten es haben. Diesen wird der Stoff durch die Struktur weniger vorkommen, daher der Titel "Stoffreduktion".

Ein Seminar verträgt etwa 4-7 Ankerpunkte, die Zahl der Unterthemen hängt von der Länge des Seminars ab, sollte aber 9 nicht übersteigen. Nach einigen Stunden empfiehlt es sich, auf ein neues Thema – und damit auf eine neue Strukturierung – umzusteigen. Um die Strukturierung den Studenten begreiflich zu machen, sollte man sie unbedingt visualisieren.

1.2 Leitbilder

Ein aussagekräftiges Bild, das die Ankerpunkte eines Themas ordnet, ist eine wichtige Stütze, um strukturiertes Wissen aufzubauen. Solche Leitbilder oder Fachlandkarten sollten über einen längeren Zeitraum innerhalb des Seminars sichtbar sein oder öfters aufgegriffen werden, beispielsweise in der Wiederholung. Ein Leitbild kann ca. 7 Begriffe aufnehmen, und ruhig auf Metaphern zurückgreifen die nicht direkt etwas mit dem Thema zu tun haben. Ein anständiges Leitbild hat eine Überschrift.

Leitbild "Baseball"

Ziel: Begriffe zur Säure/Base-Chemie erklären

Methode: Das Bild greift zu einer sportlichen Metapher: Das Proton bei Säure-Base-Reaktionen wird durch einen Ball symbolisiert. Fünf Spieler-Figuren verkörpern chemische Eigenschaften:

- "starke Säure": kräftige Figur mit Baseballschläger und Ball (kann den Ball wegschlagen)
- "schwache Säure": schlaffe Figur mit Schläger und Ball
- "starke Base": aufmerksame Figur mit Fanghandschuh (Pitcher).
- "schwache Base": verträumte Figur mit Fanghandschuh.
- "Ampholyt": Figur mit Ball *und* Handschuh, Fragezeichen über Kopf.
- Die fünf Spieler werden als Bild gruppiert und entsprechend beschriftet.

Benötigtes Material: Tafel, OH-Folie oder Poster.

Leitbild "Elektromagnetische Spaghetti"

Ziel: Arten von Aminosäuren und Kräfte im Protein veranschaulichen.

Methode: Das Bild besteht zu 2/3 aus einer langen Nudel, welche oben im Mund mit dazugehörigem Kopf endet, unten dagegen einem Teller Spaghetti entspringt. Entlang der Nudel sind ca. 10 Kreise mit Symbolen drapiert, welche für vier vereinfachte Typen von Aminosäuren stehen. Die Begriffe "basisch" (Plus), "sauer" (Minus), "unpolar" (Öltropfen) und "polar" (Welle) sind den entsprechenden Symbolen zugeordnet, zusätzlich "Hauptkette", "Aminosäuren", "N-Terminus" und "C-Terminus". Aus dem Modell lassen sich leicht einige der grundlegenden Kräfte entwickeln, welche Proteine zusammen halten.

1.3 Methodenwahl

Die Aufmerksamkeit zuhörender Menschen sinkt mit der Zeit streng monoton. Nach 20 Minuten erreicht sie einen Tiefpunkt. Um zu vermeiden, daß Studenten sich innerlich aus dem Seminar ausklinken, muß man die Unterrichtsmethode variieren. Aus diesem Grund besteht der Großteil dieses Manuskripts aus Methoden, die in eigene Seminare eingebaut werden können. Folgende Faustregeln können dabei hilfreich sein:

- Methoden die Stoff vermitteln, sollten mit solchen, bei denen die Studenten den Stoff selbst bearbeiten, alternieren. Im Zweifelsfall ist letzteren immer der Vorzug zu geben.
- Wenn die Studenten eine Aufgabe bearbeiten, wird der Zeitaufwand dafür leicht unterschätzt. Es empfiehlt sich, bei der Planung etwas Luft zu lassen.
- Sobald die Studenten Arbeitsblätter, Handzettel, Gruppenlose o.ä. bekommen, werden sie unweigerlich quirlig. Deshalb sollte man ihnen Aufgaben unbedingt vorher erläutern.
- Auch der Übergang von der Tafel auf OH-Folien ist ein Methodenwechsel.
- Mehr als 20 Minuten am Stück sollte man auf keinen Fall allein sprechen.
- Vor dem Seminar kann man sich eine Tabelle mit den geplanten Unterrichtseinheiten, dem Thema dazu und der geschätzten Dauer anzufertigen.
- Planung scheitert an Feindkontakt. Es gilt, den Zeitpunkt während des Unterrichts zu erkennen, an dem man die gleiche Tabelle guten Gewissens über Bord werfen kann.

1.4 Wiederholungen

Ein dauerhafter Lernerfolg kommt ohne Wiederholung nicht aus. Es motiviert die Studenten zudem, wenn sie zeigen dürfen, was sie schon können. In jedem Seminar sollte Raum für Wiederholung der vorangegangenen Stunde reserviert werden.

Folien mit exemplarischen Klausurfragen und kurze schriftliche Tests sind zur Wiederholung beliebigen Stoffes geeignet. Letztere sollte man auf jeden Fall einsammeln und sich so einen Überblick über den tatsächlichen Wissensstand der Gruppe verschaffen. Zur zwanglosen Wiederholung einzelner Themengebiete eignen sich folgende Methoden:

New York Minute

Methode: Kleine Gruppen von 3-5 bekommen jeweils einen Begriff, den jeweils einer aus jeder Gruppe zu Beginn der nächsten Stunde kurz vorstellt. Diese 'Mini-Vorträge' sollten 1-2 Minuten dauern und drei Fragen beantworten: i) Was ist das? ii) Wofür ist es gut? iii) Wofür ist es nicht gut? Es empfiehlt sich, Begriffe zu verwandten Themen auszuteilen.

Benötigtes Material: Begriffe eine Stunde vorher austeilen. Die Vorstellung kann an der Tafel stattfinden (muß, falls dabei Strukturformeln vorkommen).

Dauer: 10'

Domino

Methode: Jeder bekommt eine Karte (A4 Blatt quer gedrittelt). Eine Karte wird offen auf den Boden gelegt. Jemand der einen Zusammenhang zwischen seiner und einer offenen Karte erklären kann, darf seine Karte an die offene legen. Das wird fortgesetzt, bis alle Karten liegen. Bei schwierigen Themen können die Studenten auch paarweise zusammenarbeiten.

Benötigtes Material: Karten mit Begriffen zum Stoff der wiederholt werden soll, eine mehr als Studenten.

Dauer: 10'

Bummeln

Methode: Alle Begriffe werden offen auf den Boden gelegt. Die Studenten wandern umher und stellen sich zu je einem Begriff den sie erklären möchten. Dann werden die Begriffe reihum erklärt. Auf die gleiche Weise läßt sich auch nach problematischen Gebieten fragen,

Benötigtes Material: Karten oder Bögen mit Begriffen zum Stoff, der wiederholt werden soll, etwas mehr als Studenten.

Dauer: 10'

Blitzlicht mit Vorglühen

Methode: Die Studenten beraten sich für ca. zwei Minuten mit ihrem Sitznachbarn paarweise über den Inhalt der letzten Stunde. Sie suchen sich dabei eine Sache aus, die sie mit 2-3 Sätzen erklären möchten. Ein Paar bekommt einen Ball und gibt darauf seine Erklärung zum Besten. Darauf wirt es den Ball an die nächsten weiter usw.

Benötigtes Material: Ball oder anderes Wurfgeschöß.

Dauer: 5'

Wer wird Millionär

Methode: Die Begriffe werden mit der Zahl nach oben auf dem Boden verteilt oder an die Tafel geheftet. Reihum wählt jeder eine Zahl und erklärt den Begriff auf der Rückseite. Bei schwierigen Themen kann man das „Publikum“ befragen.

Diese Methode eignet sich besonders gut für Wiederholungen kurz vor Semesterende. Einer der Studenten kann den „Showmaster“ übernehmen

Benötigtes Material: Etwas mehr Karten als Studenten da sind, mit einem Fachbegriff auf der Vorder- und einer Schwierigkeit zwischen 100 und 1,000,000 auf der Rückseite. Da die Schwierigkeit in etwa bekannt ist, darf hier ruhig nach sehr schwierigen Begriffen gefragt werden.

Man kann die Karten auch mit echten Fragen bestücken, dann ist der Aufwand aber ungleich höher. Wer Zeit in der Vorbereitung sparen will, kann auch die Studenten sich Fragen ausdenken lassen.

Dauer: 15' (+5' mit Karten schreiben)

Gestenspiel

Ziel: Gruppe aufwecken, funktionelle Gruppen festigen

Methode: Seminare, direkt nach der Mittagspause sind wegen der sinkenden Aufmerksamkeit zwecks Verdauung problematisch. Mit der folgenden Wiederholungsübung läßt sich der Kreislauf in Schwung bringen, bevor der eigentliche Stoff einsetzt.

Die Gruppe stellt sich im Kreis auf. Der Dozent stellt eine chemische Gruppe durch eine Geste dar und nennt sie beim Namen (z.B. Arme ausstrecken: Ether). Die Gruppe macht die Bewegung nach. Der rechte Nachbar wiederholt die erste Geste und fügt dann eine neue chemische Gruppe hinzu. Die Gruppe macht alles nach. Der nächste wiederholt die beiden vorangegangenen und denkt sich eine dritte Geste aus, usw.

Die Übung läßt sich auch für ganze Moleküle anwenden und ist für Gruppen von bis zu 12 Personen geeignet. Diese Übung steht und fällt mit der Bereitschaft des Seminarleiters, sofort jede Bewegung bedingungslos mitzumachen.

Dauer: 5'

1.5 Binnendifferenzierung

Wenn eine Gruppe sehr heterogen ist, kann es sich als sehr produktiv erweisen, die Gruppe zu teilen. Die bessere Hälfte bekommt mit einer kleinen Hausaufgabe für einen Termin frei, die schwächere trainiert intensiv die problematischen Themen. Die Aufteilung sollte nicht willkürlich erscheinen (z.B. über einen schriftlichen Test). Auf jeden Fall sollte man die Meinung der Studenten hierzu erfragen.

2. Wie erkläre ich einzelne chemische Themen?

Hier habe ich diverse Kochrezepte zu Methoden gesammelt, die in der Praxis gut funktioniert haben. Die Themen entstammen der Lehrveranstaltung "Chemie für Mediziner", das Vorgehen der meisten Methoden läßt sich aber auf andere Themen (oder gar Fachgebiete) übertragen.

Orbitalmodelle

Ziel: Den räumlichen Aufbau der Atom- und Molekülorbitale beherrschen.

Methode: Voraussetzung ist, dass die räumliche Struktur der Orbitale vor kurzem theoretisch behandelt wurden. Das Seminar wird in vier Gruppen mit unterschiedlichen Arbeitsaufträgen eingeteilt, von denen jede ein 3D-Knetmodell anfertigt:

1. Baue die Atomorbitale in einem sp^3 -hybridisierten und einem sp^2 -hybridisierten Atom nach.
2. Baue ein Modell der s- und p-Orbitale in einem unhybridisierten Atom.
3. Baue ein Modell der Sigma-Bindung in Ethan (C_2H_6).
4. Baue ein Modell der Sigma/Pi-Bindung in Ethen (C_2H_4).

Für unterschiedliche Arten von Orbitalen sind jeweils unterschiedliche Farben zu verwenden. Nach einer Bauzeit (10' bis 15') stellen die Gruppen ihre Modelle vor. Unstimmigkeiten werden diskutiert.

Benötigtes Material: Knete für vier Gruppen, Holzstäbchen oder Streichhölzer.

Dauer: 30'

Spiegelverkehrtes

Ziel: das Phänomen der Chiralität erfassen.

Methode: Paare von Studenten bearbeiten je eine der folgenden Aufgaben:

1. Baue ein sp^2 -hybridisiertes Atom mit drei Substituenten (blau, rot, grün).
2. Baue ein sp^3 -hybridisiertes Atom mit vier Substituenten (blau, rot, rot, grün).
3. Baue ein sp^3 -hybridisiertes Atom mit vier Substituenten (blau, rot, grün, gelb)

Die Atome und Substituenten sind jeweils durch Kugeln darzustellen. Es sollten jeweils mehrere Gruppen die gleiche Aufgabe bearbeiten, wobei die Mehrzahl die dritte Aufgabe bearbeiten sollte. Anschließend werden die Modelle verglichen. Es soll geprüft werden, ob sich die von verschiedenen Gruppen hergestellten Modelle zur Deckung bringen lassen.

Benötigtes Material: Knete für vier Gruppen, Holzstäbchen oder Streichhölzer.

Dauer: 15'

Tafelpuzzle "Reaktionstypen"

Ziel: Einfache Reaktionstypen aus der Biochemie kennen lernen.

Methode: Eine Folge chemischer Reaktionen, z.B. der Fettsäure-Abbau wird an die Tafel gezeichnet. Karten mit den Namen der Reaktionstypen werden an einer Stelle angeheftet. Die Gruppe überlegt und bespricht gemeinsam, welcher Typ zu welcher Reaktion paßt. An einigen Stellen können auch mehrere Antworten stimmen.

Benötigtes Material: Karten mit den Namen der Reaktionstypen Addition, Eliminierung, Umlagerung, Tautomerie, Substitution, Hydrierung, Dehydrierung, Hydratisierung, Dehydratisierung, Kondensation, Hydrolyse

Dauer: 15'

Kartenmaterial "Funktionelle Gruppen"

Ziel: Funktionelle Gruppen kennen lernen. Umwandlungen dazwischen begreifen.

Methode: Mit den Karten lassen sich verschiedene Übungen durchführen: a)

Strukturformeln anheften und die Namen von den Studenten zuordnen lassen. b)

Strukturformeln von verschiedenen Biomolekülen anzeichnen/ausgeben und die

funktionellen Gruppen identifizieren lassen. c) Komplizierte funktionelle Gruppen (b und c, siehe unten) austeilen und herausfinden lassen, aus welchen funktionellen Gruppen diese durch Addition oder Kondensation entstehen können.

Benötigtes Material: A4 Bögen mit den Strukturformeln funktioneller Gruppen, Karten mit den dazugehörigen Namen.

a) einfache Gruppen in einer Farbe: primärer/sekundärer/tertiärer Alkohol, Aldehyd, Keton, Carbonsäure, Thiol, primäres bis quartäres Amin.

b) durch Kondensation aus zwei einfachen zusammengesetzten Gruppen in zweiter Farbe: Ether, Thioether, Ester, Thioester, Säureanhydrid, Amid, Imin, Phosphatester, Phosphorsäureanhydrid.

c) durch Addition zusammengesetzte Gruppen in dritter Farbe: Halbacetal, Vollacetal.

Dauer: 15' für a), 20' für b) + c)

Partnerarbeit "Das Periodensystem bauen"

Ziel: Den Aufbau der Elektronenhülle von Atomen können. Grundlagen des Periodensystems kennen lernen. Voraussetzung ist, daß das Bohrsche Atommodell in den Grundlagen bereits vorgestellt wurde.

Methode: Jedes Paar von Studenten bekommt ein oder zwei Arbeitsbögen, auf denen für jeweils ein Element die Orbitale der K-, L- und M-Schale und Elektronen in den einzelnen Orbitalen als Pfeile einzutragen sind. Ganz unten soll das 1s-Orbital mit einem Kästchen, darüber 2s, 2p usw. Es ist unbedingt darauf hinzuweisen, daß die Bögen mit möglichst dicken Filzstiften auszufüllen sind.

Anschließend wird das gesamte Material an die Tafel geheftet und unter Anleitung durch die Gruppe geordnet. An dem so entstandenen Teil-Periodensystem lassen sich Charakteristika der einzelnen Hauptgruppen und Begriffe wie Oktettregel, Valenzelektronen, Edelgaszustand und Elektronegativität erläutern.

Benötigtes Material: 10-20 Bögen A4, auf denen oben die Ordnungszahl, das Elementsymbol und der Name des Elements eingetragen sind. Etwa $\frac{3}{4}$ der Blätter bleiben für die Orbitale frei. Sinnvoll sind die Elemente H bis maximal Ca, danach wird es schwierig. Die Bögen sind nach Hauptgruppen farblich gegliedert. Ein ausgefüllter Bogen (z.B. Ca) ist als Beispiel vorzubereiten.

Dauer: 20'

Wiederholungsübung "Baseball"

Ziel: Grundbegriffe zur Säure/Base-Chemie werden gefestigt

Methode: Quadratische Bögen mit Begriffen zu Säuren und Basen werden auf dem Boden verteilt. Ein Paar Studenten wirft eine "base" mit einem Ball ab und erklärt kurz den Begriff. Dann bekommt ein anderes Team den Ball. (Mit einem großen Raum ließe sich auch ein Spiel mit Herumrennen gestalten).

Benötigtes Material: Quadratische Bögen mit den Begriffen pH, pKs, starke Base, schwache Säure, Ampholyt, Puffer, Indikator, Dissoziation, H₂O, H₂SO₄, NH₃, Citronensäure, Pyruvat, Acetat, Chlorid

Dauer: 10'

Pappmoleküle "Säuren und Basen"

Ziel: Säure-Base Reaktionen darstellen.

Methode: Strukturformeln wichtiger Basen werden auf Bögen an die Tafel oder Pinnwand geheftet. Mit Protonen als separate Pappelemente läßt sich eine Vielzahl von Reaktionen sehr eingängig darstellen, z.B. Dissoziationsvorgänge, starke/schwache Säuren, einwertige/mehrwertige Säuren, chemisches Gleichgewicht, Pufferwirkung, Ampholyte.

Benötigtes Material: Tafel+Magneten oder Pinnwand+Nadeln. Basen als A4 Bögen mit Strukturformeln, z.B. Phosphat, Sulfat, Citrat, Acetat, Chlorid, Hydroxid usw. Dazu Protonen als kleine Pappkreise in einer anderen Farbe. Sollen chemische Gleichgewichte veranschaulicht werden, lohnt es sich, von einer Base 6-8 Exemplare vorzubereiten. Mit zusätzlichen Karten mit den Namen der Basen lässt sich die Zuordnung als Puzzle durch die Studenten vornehmen.

Übung "Kohlenhydrate"

Ziel: Komplizierte Begriffe aus der Chemie der Kohlenhydraten verstehen.

Methode: An die Tafel werden Glucose und Ribulose in der offenen und geschlossenen Form gezeichnet. Die beiden werden mit den Begriffen auf den Karten annotiert, und die Begriffe besprochen. Anschließend wird das Seminar in Dreiergruppen eingeteilt, von denen jede den Namen und die Strukturformel eines Zuckers bekommt. Jede Gruppe hat nun 15' Zeit ein A2 Poster anzufertigen, auf dem an der Strukturformel die eben vorgestellten Eigenschaften dieses Zuckers markiert sind. Außerdem sind die Chiralitätszentren zu markieren. Die Poster werden im Raum aufgehängt und pro Gruppe 1-2' lang vorgestellt.

Nach dieser Übung kann man anhand der Poster sehr gut die Begriffe Epimer, Diastereomer und Racemat voneinander absetzen. Dann braucht die Gruppe aber vorher eine Verschnaufpause.

Benötigtes Material: Begriffe auf Karten: Anomerie/Mutarotation, Pyranose, Furanose, Aldose, Ketose, Pentose, Hexose, offenkettige Form, geschlossene Form. Papierrolle. Arbeitsblatt oder OH-Folie mit Strukturformeln verschiedener Zucker: Galactose offenkettig, Fructose offenkettig, Fructose Furanoseform, Ribose, Desoxyribose, Dihydroxyaceton, Glycerinaldehyd, Sedoheptulose.

Dauer: 90'

Unentbehrliche OH-Folien

Ziel: Zentrale Themen stets im Ärmel haben.

Methode: Die zehn wichtigsten Themen stets als Übersicht in einer eigenen Mappe dabei haben, damit man sie jeden beliebigen Moment aus dem Ärmel ziehen kann.

Benötigtes Material: Übersichtsfolien zu zentralen Themen wie Atombau, Periodensystem, Arten von Bindungen, Titrationskurve, Tabelle pKs-Werte, Elektrochemische Zelle, Spannungsreihe, funktionelle Gruppen, Arten von Isomerie, Aufbau einer Eukaryotenzelle.

Dauer: 0'

Lerninseln

Ziel: Drei bis fünf verschiedene Themengebiete werden auf einmal gefestigt.

Methode: Zu jedem Themengebiet gibt es eine Station im Raum, die aus einem Tisch mit einer Aufgabe besteht. Die Studenten werden in kleinen Gruppen auf diese verteilt (max. 4 pro Station). Jede Gruppe beschäftigt sich für 10' mit der dort liegenden Aufgabe. Danach bringt sie evtl sortierte Karten wieder durcheinander (!). Jede Gruppe rotiert dann zur nächsten Station. Nach einigen Runden werden offene Fragen besprochen.

Benötigtes Material:

1. Station

- Aufgabe: Stelle die Strukturformel für die folgenden Basen auf und ordne sie ihrer Stärke nach.
- Karten mit den Namen Carbonat, Phosphat, Hydroxid, Acetat, Sulfat, Ammoniak, Pyruvat
- Tabelle mit pKs-Werten
- Aufgabe: zeichne Titrationskurven für einige der korrespondierenden Säuren.

2. Station

- Aufgabe: funktionelle Gruppen zuordnen
- Karten mit diversen funktionellen Gruppen (s.u.)
- Aufgabe: welche Gruppen lassen sich durch Oxidation/Reduktion, welche durch Kondensation/Hydrolyse ineinander überführen.

3. Station

- Aufgabe: Bilde Paare von Molekül und Funktion im Stoffwechsel
- kleine Karten mit Molekülnamen: Na^+ , NAD^+ , *Cholesterin*, *Glucose*, *Glycogen*, *Fettsäuren*, *Glycerin*, *Pyruvat*, *Lactat*, *AcetylCoA*, *Citrat*, *Fett*, *Phospholipide*, *Aminosäuren*, *DNS*, *RNS*, CO_2/HCO_3^- , *Phosphat*, *ATP*, O_2
- kleine Karten in anderer Farbe mit Funktionen: *Elektrolyt*, *Oxidationsmittel*, *Membranbestandteil*, *Wichtigster Energieträger*, *Träger der Erbinformation*, *Reduktionsprodukt des Pyruvats*, *Energiespeicher in Leber und Niere*, *Reduktionsmittel*, *Tricarbonsäure*, *Wichtigster Brennstoff*, *Hydrophobe Energiespeicher*, *Oxidationsprodukt des Lactats*, *Puffer in den Zellen*, *Informationsträger der Proteinsynthese*, *Puffer im Blut*, *Bausteine der Proteine*, *Vorstufe der Fettsynthese*, *Abbauprodukt des Pyruvats*

Beim Ausarbeiten eigener Aufgaben ist es wichtig darauf zu achten, daß alle Stationen etwa die gleiche Zeit beanspruchen.

Dauer: 60'

Kartenmaterial "Nukleinsäuren"

Ziel: Aufbau von DNS/RNS erklären

Methode: die DNA an der Tafel zusammepuzzeln und dabei erklären.

Benötigtes Material: 5 Strukturen der Basen AGCTU auf A4 Bögen, unterschiedliche Farben, 4 Strukturen von Ribose/Desoxyribose auf A4 Bögen, einfarbig, 4 Strukturen von Phosphatreste A5, einfarbig. Die Strukturen sollten offene Bindungen haben, so daß man sie zusammen- und auseinanderschieben kann. Die Papierteile so einzuteilen, daß alle Bindungen aneinander passen ist eine fordernde Aufgabe.

Zusätzlich können Karten mit den Begriffen Purin, Pyrimidin, Adenin, Thymin, Cytosin, Guanin, Uracil, Nukleotid, Nukleosid, N-glycosidische Bindung und Phosphat-Ester hilfreich sein.

Tafelpuzzle "Aufbau des Hämoglobins"

Ziel: Den Aufbau des Hämoglobins über mehrere Größenordnungen erfassen.

Methode: Voraussetzung ist, daß die Studenten schon einmal etwas über Erythrozyten und Hämoglobin gehört haben. Ein Tafelbild wird angezeichnet und von den Studenten auf Zuruf mit den Begriffen auf den Karten ausgestattet. Die einzelnen Begriffe werden besprochen. Das Tafelbild besteht aus 4 Teilen:

1. schematischer Erythrozyt mit Punkten im Inneren (für das Hämoglobin)
2. Quartärstruktur des Hämoglobins als vier Kugeln, mit je einem dicken Balken (Häm)
3. grober Verlauf der Peptidkette in einer Untereinheit; Lage der Hämgruppe.
4. Strukturformel des Häms.

Die vier Skizzen sind durch Pfeile für die drei Vergrößerungsstufen verbunden.

Benötigtes Material: Karten mit den Begriffen Erythrozyt, Hämoglobin, Porphyrin, Häm, Tertiärstruktur, Quartärstruktur, Eisen, Sauerstoff, Polypeptidkette.

Dauer: 10'

Puzzle „Funktionen von Proteinen“

Ziel: Einige prominente Proteine im Menschen kennen lernen.

Methode: Karten in drei Farben werden verdeckt ausgeteilt. An der Tafel oder auf dem Boden werden drei Spalten '*Protein*', '*Funktion*' und '*Krankheit/Fehlfunktion*' vorbereitet. Jeweils drei Karten mit verschiedenen Farben gehören zusammen. Nacheinander legt jeder eine Karte an den Platz seiner Wahl. Anschließend wird die Tabelle gemeinsam geordnet.

Benötigtes Material:

Sieben Tripel von Karten mit Protein - Funktion - Krankheit/Fehlfunktion

- a) Hämoglobin - Sauerstofftransport - Kohlenmonoxydvergiftung
- b) Carboanhydrase - Säure/Base-Katalyse - Alkalose
- c) Myosin - Bewegung entlang von Aktinfasern - Kardiomyopathie
- d) Rhodopsin - Aufnahme von Photonen - Nachtblindheit
- e) Kollagen - Vernetzung mit extrazellulärer Matrix - Skorbut
- f) Acetylcholin-Rezeptor - Ioneneinstrom in Nervenzellen - Cobratoxin
- g) T-Zell-Rezeptor - Erkennung von Antigenen an Zelloberflächen - Multiple Sklerose

Wenn die Tabelle auf dem Boden aufgebaut wird, sollte man noch drei Karten mit den Überschriften *Protein*, *Funktion* und *Krankheit/Fehlfunktion* mitbringen.

Dauer: 15

Kartenmaterial "Aminosäuren"

Ziel: Die zwanzig proteinogenen Aminosäuren kennen lernen.

Methode: Fünf Gruppen untersuchen die Strukturformeln einer Gruppe von Aminosäuren (polare, unpolare, saure, basische und aromatische) hinsichtlich

- a) funktioneller Gruppen
- b) Chiralität, Aromatizität
- c) Gemeinsamkeiten und Unterschiede innerhalb der Gruppe.

Nach 10' legt jede Gruppe ihre Aminosäuren auf dem Boden aus und präsentiert ihre Ergebnisse. Das Cystein wird vom Dozenten übernommen.

Benötigtes Material: A4 Bögen mit Strukturformeln der 20 proteinogenen Aminosäuren, farblich gegliedert in saure, basische, polare, unpolare, aromatische und Cystein.

Dauer: 25'

Proteintanz

Ziel: Verstehen wie sich Proteine falten

Methode: Zuerst wird im Gespräch erarbeitet, wie die verschiedenen Arten von Aminosäuren (polare, unpolare, saure, basische und Cystein) miteinander wechselwirken. Dann bekommt jeder eine Aminosäure als Bogen, die er sich ans T-Shirt heftet. Die Gruppe ordnet sich zufällig zu einer Kette, in der die Nachbarn in jeweils andere Richtungen blicken (mit den Händen wird die Hauptkette gebildet). Nun sucht jeder nach anderen Aminosäuren zu denen er sich hingezogen fühlt und bewegt sich mit kleinen Schritten langsam in die Richtung. Sobald sich ein festes Knäuel ergibt, wird gestoppt und beobachtet, welche Aminosäuren wo gelandet sind.

Benötigtes Material: Bögen mit den 20 Aminosäuren (Cys doppelt), viele Büroklammern oder Sicherheitsnadeln.

Dauer: 10'

Anmerkung: Die Übung geht zurück auf ein im Januar 2006 von *Sasha Waltz & Guests* unter Anleitung von Jan Saam durchgeführtes Tanzexperiment, das im Rahmen von *arts+science in vitro* an der Charité Berlin stattfand.

Exkurs "Erdgeschichte"

Ziel: In Kurzform die Evolution der Lebewesen wiederholen.

Methode: Zeitachse der letzten 5 Milliarden Jahre horizontal an die Tafel zeichnen. Logarithmische Skala wählen, so daß 5, 50, 500 und 5000 Mio. Jahre etwa im gleichen Abstand liegen. Bei 500 Mio. Jahren die kambrische Explosion vorgeben. Die Karten auf dem Boden ausbreiten oder unten an der Tafel aufreihen. Studenten 3' untereinander überlegen lassen, dann reihum Vorschläge abfragen. Erst am Ende gemeinsam diskutieren und Korrekturen anbringen.

Benötigtes Material: Große Tafel, farbige A5 Bögen mit Wasserpflanze, Libelle, Mann/Frau-Symbol (geschlechtliche Fortpflanzung), Amöbe (Eukaryot), Dinosaurier, Vogel, Blüte, Trilobit, Vulkan, Bakterium, Schneeflocke (Eiszeit), Meteorit, Maus, Fisch, zwei Menschen

Dauer: 20'

Beispiel-Moleküle

Ziel: Eigenschaften von Molekülen aus der Strukturformel ablesen können

Methode: Bögen mit Strukturformeln an austeilen. Je zwei Studenten bestimmen innerhalb von 10' Stoffklasse, Name, Säure/Base-Eigenschaften, funktionelle Gruppen, Oxidationszahlen und Chiralitätszentren. Anschließend stellt jedes Team sein Molekül kurz vor.

Benötigtes Material: Strukturformeln auf A4-Bögen.

a) leichte Moleküle: Glycerin, Succinat, Fumarat, Harnstoff, Cyclohexan, Benzol, Pyruvat, Palmitinsäure

b) schwierige Moleküle: Alanin, Cholesterin, Acetyl-CoA, ADP, Glucose, Lecithin

Dauer: 25'

Wiederholungsquiz "Jeopardy"

Ziel: Alle Themengebiete der Chemie auffrischen.

Methode: Fragekarten mit Zahlen nach oben nach Themen sortiert in Spalten an der Tafel anordnen. Namen der Kategorien darüber schreiben. Die Fragen entweder reihum wünschen lassen, oder in Teams mit zählen der Punkte. Wahlweise können auch ein- bis zwei Studenten das Quiz leiten.

Benötigtes Material: Karten A6 in einer Farbe mit Zahlen auf der Rückseite und Fragen sortiert nach Themengebieten:

a) Allgemeine Chemie

100: Wie lassen sich Stoffe aufreinigen? Nenne drei Verfahren.

200: Was passiert, wenn man Wasser mit Kohlenwasserstoffen mischt?

300: Was tut eine amphiphile Substanz mit einem Öl/Wasser-Gemisch?

400: Was erhält man, wenn Ammoniak und Essigsäure zusammengekippt werden?

500: Welche Energien wirken beim Lösen von Salzen?

b) Säuren und Basen

100: Warum nennt man Hydrogencarbonat, Dihydrogenphosphat und Glycin "Ampholyte"?

200: Was für Stoffe sind Methylorange und Phenolphthalein? Wie funktionieren sie?

300: Ordne HPO_4^{2-} , HCl , H_3PO_4 und Essigsäure nach Säurestärke.

400: Ein Soda-Automat enthält eine CO_2 -Patrone. Was passiert, wenn das Gas ins Wasser gedrückt wird?

500: Wie sieht die Titrationskurve der Phosphorsäure aus?

c) RedOx-Chemie

100: Nenne 3 Oxidations- oder Reduktionsmittel.

200: Womit kann man Alkohole oxidieren?

300: Wie kann man Aldehyde oxidieren?

400: Wie funktioniert eine Batterie?

500: Wie kann man aus einer gesättigten Fettsäure eine ungesättigte machen?

d) Organik

100: Was ist ein Ester und wie wird er gebildet?

200: Erkläre den Unterschied zwischen Konstitutionsisomerie und Konfigurationsisomerie.

300: Was für Bindungen enthält ein Triglyzerid?

400: Was sind Polymere? Nenne drei Beispiele.

500: Was für Bindungen sind im ATP energiereich?

e) Biomoleküle

100: Woraus bestehen Phospholipide?

200: Was für funktionelle Gruppen tragen Aldosen in der offenen und in der geschlossenen Form?

300: Wie ist ein Protein aufgebaut?

400: Nenne drei Aminosäuren mit charakteristischen Eigenschaften.

500: Über welche Zwischenstufen wird Glucose zu Energie in Form von ATP umgesetzt?

Dauer: 20'

3. Wie schaffe ich ein angenehmes Arbeitsklima?

3.1 Optische Barrieren abbauen

Häufig verschanzen sich Studenten und Dozenten gleichermaßen hinter Tischen und Arbeitsmaterialien. Das ermuntert die Studenten dazu gemütlich zuzuhören und sonst nichts zu machen. Der Dozent hat es dann schwer zu merken, ob etwas angekommen ist oder nicht (meist ist dann letzteres der Fall). Die Gruppe kommt geistig sofort mehr in Schwung, wenn man die Deckung durch Tische einreißt und stattdessen einen Kreis aus den Stühlen bildet (bei Platzproblemen tut es auch ein Halbkreis oder zweireihiger Kreis). Das funktioniert natürlich nur, wenn der Dozent ebenfalls sein Pult beiseite schiebt. Das Umstellen der Möbel sollten die Studenten auf jeden Fall selbst erledigen.

3.2 Die Gruppe kennen lernen

Da man im Seminar meist über längere Zeit mit den gleichen Leuten zu tun hat, ist es nur natürlich, daß man sie auch kennen lernt. Die Studenten sind in der Regel dankbar dafür wenn man sie beim Vornamen ansprechen kann. Damit die Namen leichter hängen bleiben, kann man eine Vorstellungsrunde mit kleinen Extras aufpeppen: Jeder nennt einen persönlichen Gegenstand (Schlüssel, Kühlschrank, Lippenstift) und beschreibt sich kurz aus dessen Sicht. Oder der Dozent bringt einige Gegenstände mit (Postkarten, Figuren o.ä.), und jeder stellt sich dann anhand von seinem Lieblingsgegenstand vor. Wer gleich voll einsteigen möchte, kann auch Karten mit Molekülen oder Begriffen aus dem vorangegangenen Semester vorbereiten.

Vorstellen mit Gegenständen

Methode: Jeder, der Dozent eingeschlossen, sucht sich einen Gegenstand aus und stellt sich vor, wobei er sagt, warum er sich genau so entschieden hat. Die Gegenstände werden hinterher wieder eingesammelt.

Benötigtes Material: etwas mehr Postkarten, Figuren oder beliebige Kinkerlitzchen als Personen im Seminar sind. Falls keine Gegenstände da sind, kann jeder auch einen persönlichen Gegenstand (Handy, Kühlschrank, Teddy) wählen und erzählen was dieser über einen sagen würde.

Dauer: 10'

Vorstellen mit Wiederholung

Methode: Jeder, der Dozent eingeschlossen, sucht sich eine Karte aus, stellt sich vor, und erklärt kurz was ihm zu der Karte einfällt.

Benötigtes Material: Karten mit Begriffen oder Molekülen zum Stoff des vorangegangenen Semesters. Eher zu leichte oder allgemeine Themen wählen, damit niemand schon zu Beginn frustriert wird.

Dauer: 15'

3.3 Die Gruppe schützen

Der Dozent darf niemanden aus der Gruppe bloßstellen. Das bedeutet: keine unkonstruktive Kritik nach Referaten, keine Leute an die Tafel zitieren, niemanden aus der Gruppe herauspicken und befragen und nicht zusehen, wenn Einzelne durch andere Kursteilnehmer persönlich kritisiert werden.

Dazu gehört auch, die Studenten vor fachlicher Frustration zu schützen. Man sollte also grundsätzlich keine zu schweren Aufgaben zu verlangen. Wenn die Studenten das Gefühl haben,

schon etwas gelernt zu haben, sind sie sicher gerne bereit, auch schwierige Aufgaben zu bearbeiten. Die sollte man dann aber mit möglichst offenem Ergebnis stellen. (Medizinstudenten gelten als ausgesprochen belastbar gegenüber großen Arbeitsanforderungen und monotonen Aufgabenstellungen, aber man muss sein Blatt ja nicht gleich ausreizen).

3.4 Gute Referate halten lassen

Es kostet beide Seiten Nerven, wenn Referate schlecht vorbereitet oder zu lang sind. Viel Zeit wird in Handouts gesteckt, die dann dem Vortrag verloren geht. Wenn zu Beginn des Semesters der Seminargruppe ganz klare Regeln mitgeteilt werden, tauchen diese Probleme gar nicht erst auf, zum Beispiel:

Regeln für Referate

Methode: Der Dozent gibt zu Beginn des Semesters bekannt, was von den Referenten erwartet wird. Bei Verstößen kann man im Verlauf des Semesters zunehmend tolerant sein, aber das braucht man den Studenten ja vorher nicht auf die Nase zu binden.

Regeln:

1. Ein Referat dauert maximal 8 Minuten (Küchenwecker stellen; eine Minute vor Schluß warnen)
2. Es wird genau ein Tafelbild verwendet, das vor dem Referat angemalt wird.
3. Der Text wird frei gesprochen.
4. Es werden keine Handouts verteilt.
5. Am Ende gibt es eine Zusammenfassung in drei Sätzen.
6. Kritik ist immer konstruktiv („Du kannst dein Referat noch verbessern, indem..“)

Wegen des Tafelbildes empfiehlt es sich, Referate zu Beginn oder nach der Pause abzuhalten.

Benötigtes Material: Tafel, Küchenwecker

Dauer: 15' pro Referat

3.5 Feedback einholen

Dies ist der wirksamste Weg, den Studenten zu vermitteln, dass man sie ernst nimmt. Bei einer wöchentlichen Veranstaltung sollte man die Bedürfnisse der Studenten mindestens drei Mal pro Semester prüfen. Das erste Mal sobald die Studenten wissen, was auf sie zukommt; das zweite Mal in der Mitte, um zu prüfen, ob der eigene Kurs stimmt; das dritte Mal ganz zum Schluss, um nützliche Hinweise fürs nächste Mal (und Komplimente) zu sammeln.

Urnengang

Methode: Der Dozent formuliert eine Frage, z.B. „Was möchtest Du im Seminar noch mehr tun?“. Die Studenten schreiben Antworten auf die ausgeteilten Zettel und werfen sie in die Urne. Da sie anonym bleiben, werden die Antworten fast immer ehrlich ausfallen. Das Verfahren läßt sich mit anderen Fragen auch zur Stoffwiederholung einsetzen.

Benötigtes Material: kleine Notizzettel, eine kleine Kiste oder ein Hut

Dauer: 5'

Jeder nur ein Kreuz

Methode: Der Dozent schreibt eine Frage an die Tafel und zeichnet darunter ein leeres Diagramm. Die Studenten stimmen ab, indem jeder ein Kreuz oder einen Magneten im Diagramm plaziert. Gut geeignet sind Balkendiagramme für Fragen mit Auswahlmöglichkeiten wie „Was sollte im Seminar öfter drankommen [Redox/Säure-Base/Rechnen]?“. Mit 2D-Koordinatensystemen lassen sich zwei Fragen gleichzeitig beantworten wie „x: Wie schwer findest Du das Seminar? y: Möchtest Du mehr Aufgaben oder mehr Erklärungen an der Tafel?“.

Benötigtes Material: Tafel, Kreide/Stifte oder Magneten

Dauer: 5'

Brennen für die Chemie

Methode: Jeder, der Dozent eingeschlossen, darf für die Brenndauer eines Streichholzes sagen, was ihm am Seminar gut gefallen hat und was man noch verbessern könnte.

Benötigtes Material: eine Packung Streichhölzer, eine Tasse mit Wasser.

Dauer: 10' für ca. 15 Teilnehmer.

3.6 Ambiente schaffen

Alles, was Atmosphäre schafft und nichts mit dem Stoff zu tun hat, hilft den Studenten, sich im Seminar wohl zu fühlen. Dazu gehören z.B. Blumen in der ersten Stunde, Maskottchen, Musik in den Pausen. Als besonders wirksam für die Lernatmosphäre hat sich das Verteilen von Bonbons erwiesen. Besonders in der zweiten Hälfte eines längeren Seminars gibt ein wenig mehr Glucose im Blut der Veranstaltung den nötigen Schub.

Austeilen von Süßigkeiten hilft den Studenten auch über anfängliche Skepsis hinweg. (Dieser Ansatz erscheint wenig wissenschaftlich, aber es wirkt!).

4. Nützliche Materialien

Schreibunterlagen:

- buntes Papier A4
- Papierkarten (A4 quer gedrittelt)
- quadratische Notizzettel
- Papierrolle 50cm breitl, IKEA
- OH-Folien
- Whiteboard oder magnetische Tafel
- Pinnwand oder Flipchart

Schreibgeräte:

- dicke Filzstifte (1 Satz bunte + 12*schwarz)
- Whiteboard-Stifte (von Filzern getrennt lagern)
- kleine Flasche Propanol oder Spiritus, falls man die Stifte doch vertauscht hat.
- bunte Kreide

Zum Anbringen von Karten, Molekülen etc:

- Magneten, ca 30 Stück
- Kreppklebeband
- Büroklammern
- Pinnadeln
- Schere

Zum Nachbauen von Molekülen:

- einige Packungen Knete
- Streichhölzer oder Schachlikspiesse aus Holz

Sonstiges:

- kleiner Softball
- Küchenwecker für Referate
- Beutel mit bunten Chips, farbige Bonbons o.ä. um Arbeitsgruppen auszulösen.
- CD-Player
- Bonbons
- Moderationskoffer oder große Nähkiste (ebay) zum Transport der Materialien

5. Danksagungen

Bettina Ritter-Mamczeck für die spannenden Train-the-Trainer-Seminare, Prof. Dr. Cornelius Frömmel für Wegweiser in wissenschaftliche und künstlerische Richtungen. Prof. Dr. Annette Upmeier von Belzen für didaktische Impulse.