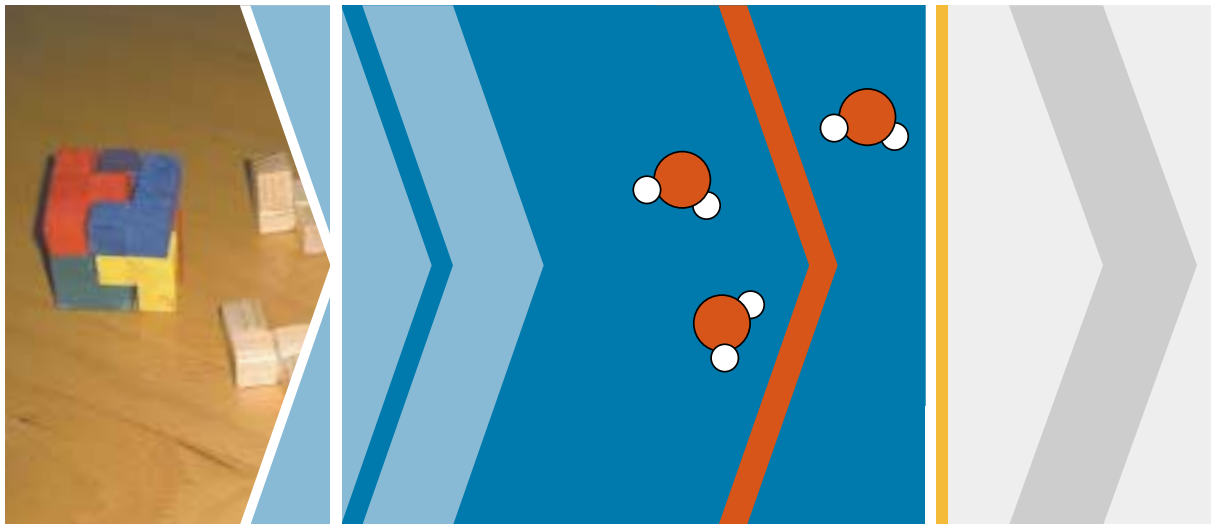


Kumulatives Lernen



Beiträge **Thomas Freiman, Waltraud Habelitz-Tkotz, Werner Layritz, Willibald Möbel, Dr. Burkhard Zühlke**
Redaktionelle Bearbeitung **Waltraud Habelitz-Tkotz**

Lernprozesse werden als *kumulativ* bezeichnet, wenn neue Lerninhalte im bestehenden Wissensfundament verankert und systematisch mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft werden.

Neben einer *soliden Wissensbasis* erfordern kumulativ verlaufende Lernprozesse vor allem die *Vernetzung*, d. h. das Herstellen von sinnstiftenden Verknüpfungen zwischen den einzelnen Wissens-elementen.

In der Expertise zur Vorbereitung des BLK-Programms SINUS¹ wird auf folgende Defizite hingewiesen, die kumulatives Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht erschweren:

→ Seite 30: *Sichern von Grundwissen*

¹BLK, **Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung**; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«)

→ Unzureichende *vertikale Vernetzung*: Aufeinander aufbauende Konzepte und inhaltliche Verzahnungen werden innerhalb der Einzelfächer zu wenig herausgestellt.

→ Zu geringe *horizontale Vernetzung*: Die wechselseitige Zulieferfunktion der naturwissenschaftlichen Fächer und der Mathematik untereinander wird durch mangelhafte Synchronisation und fehlende konzeptuelle Gemeinsamkeiten erschwert. Überfachliche Perspektiven kommen zu kurz.

→ Unzureichend entwickelte *fachspezifische Denkkonzepte* begrenzen bei den Lernenden das Einordnen von Fakten in größere Zusammenhänge und blockieren die naturwissenschaftliche Interpretation von Alltagsphänomenen.

→ *Vorunterrichtliche Vorstellungen* werden zu wenig berücksichtigt und erschweren die Übernahme von naturwissenschaftlichen Denkweisen.

→ Viele Schüler verfügen nicht über das für kumulatives Lernen erforderliche sicher verfügbare, gut organisierte und anschlussfähige *Basiswissen*. Ihr Wissen ist eher »inselartig« und zufällig.

Im Folgenden werden einige Maßnahmen vorgestellt, die zur Förderung des kumulativen Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht beitragen sollen.

1. Basiskonzepte im Chemieunterricht

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Maßnahmen sollen zum Aufbau geordneter und vernetzter Wissensstrukturen im Fach Chemie beitragen. Neben dem Herausarbeiten von Verbindungen zwischen den Lerninhalten wird der Betonung folgender grundlegender Denkkonzepte (hier als *Basiskonzepte* bezeichnet) besondere Bedeutung beigemessen:

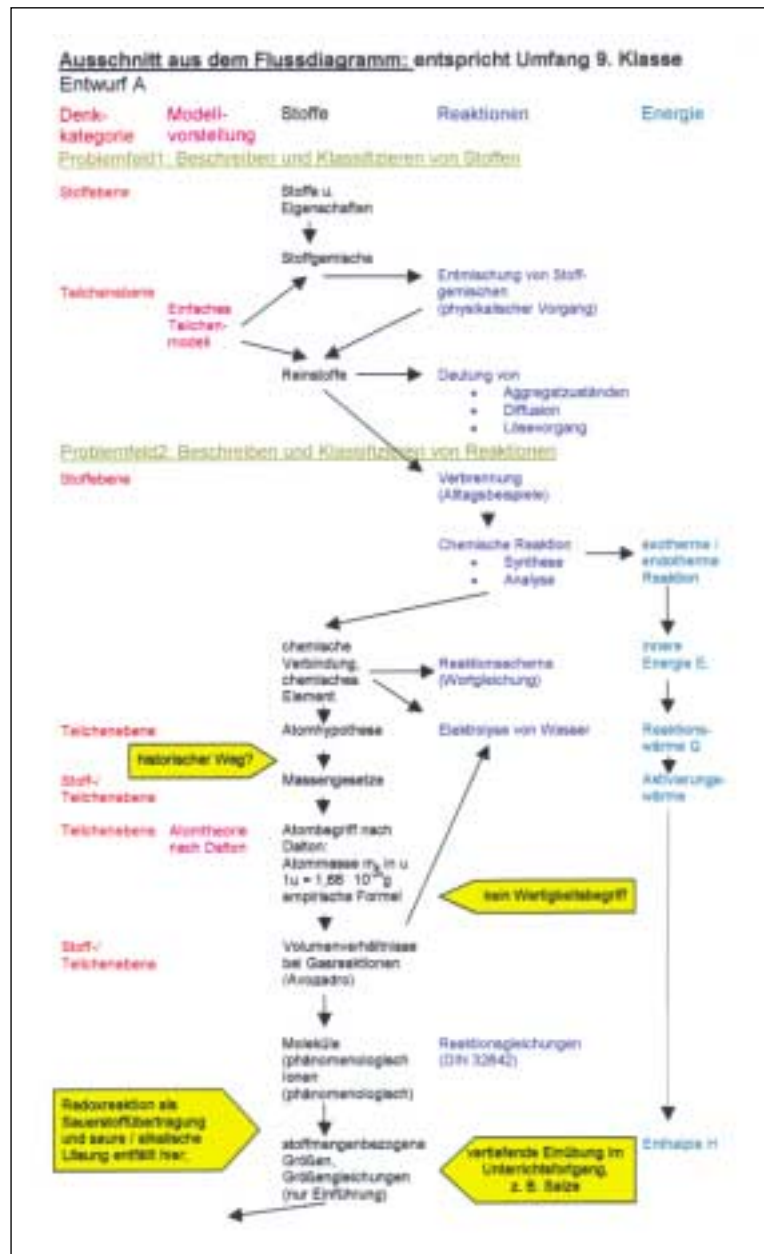
- ❶ *Stoff-Teilchen-Konzept*
- ❷ *Konzept der Struktur-Eigenschafts-Beziehung*
- ❸ *Donator-Akzeptor-Konzept*
- ❹ *Energiekonzept*

Von der Arbeitsgruppe Chemie in Schulset 4 wurden – als »roter Faden« durch einen auf kumulatives Lernen angelegten Chemieunterricht – zwei Flussdiagramme entwickelt, die unter besonderer

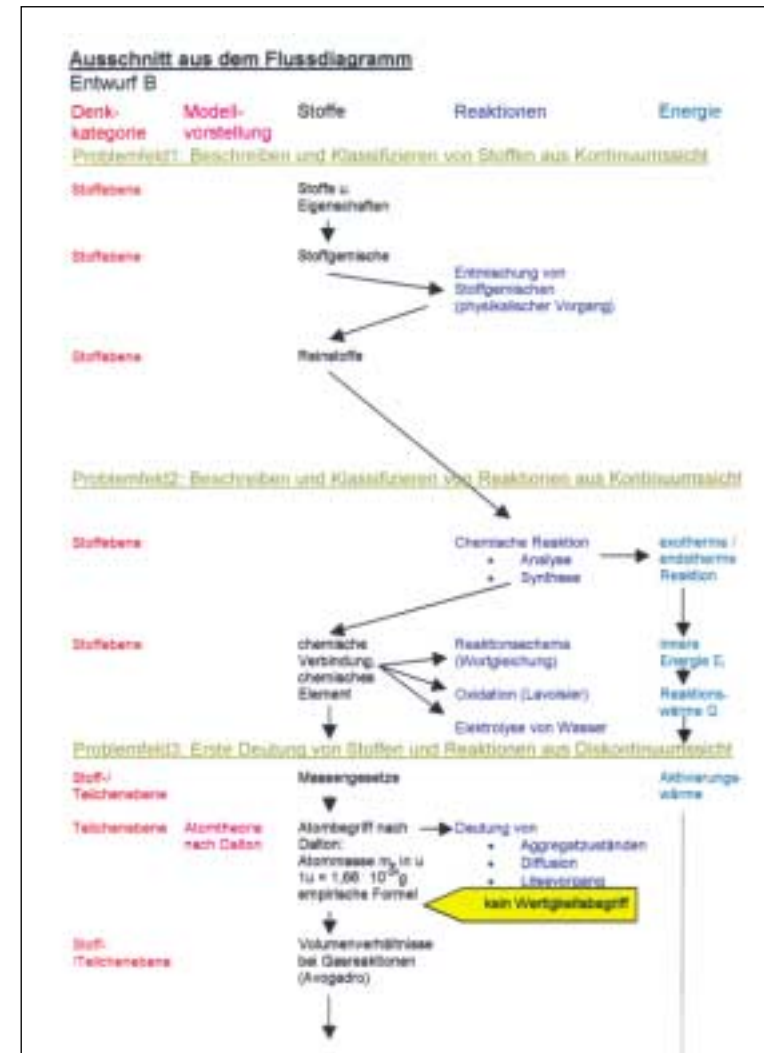
Basiskonzepte

Berücksichtigung der vier Basiskonzepte die Vernetzung der Unterrichtsinhalte darstellen. In Entwurf A wird dem Vorwissen der Lernenden (das Teilchenmodell ist Lerninhalt im Heimat- und Sachkundeunterricht in der 4. Jahrgangsstufe der Grundschule) Rechnung getragen und die Teilchenvorstellung früh aufgegriffen und anschließend ausgeschärft. In Entwurf B dominiert der naturwissenschaftliche Weg des Erkenntnisgewinns, was zu einer gemeinsamen Einführung von Teilchen- und Atommodell führt. Aus Sicht der Arbeitsgruppe sind beide Wege denkbar. Aus Platzgründen ist hier keine vollständige Wiedergabe der beiden Flussdiagramme möglich.

Flussdiagramm Entwurf A



Flussdiagramm Entwurf B



Das Stoff-Teilchen-Konzept im Flussdiagramm

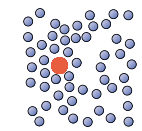
Stoff-Teilchen-Konzept

Das grundlegende Denkkonzept der Chemie ist die Unterscheidung der beiden Kategorien »Kontinuum« (Stoffebene, Phänomenebene) und »Diskontinuum« (Teilchenebene, Deutungsebene). Es wird häufig als »Stoff-Teilchen-Konzept« bezeichnet und im Gutachten zur Vorbereitung des BLK-Programms SINUS² folgendermaßen beschrieben: »Kennzeichnend für das Vorgehen der Wissenschaft Chemie ist die Deutung bestimmter makroskopisch oder mikroskopisch beobachtbarer Phänomene durch eine modellhafte Beschreibung auf submikroskopischer Ebene, das heißt durch die Vorstellung vom diskontinuierlichen Aufbau der Materie bzw. von der Existenz kleinster Teilchen, in deren Verbänden die Eigenschaften

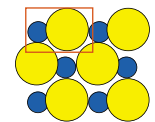
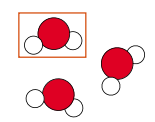
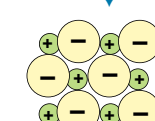
2_BLK, Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung; Heft 60 (Gutachten zur Vorbereitung des Programms »Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts«, S. 52 f.

der Stoffe angelegt sind.« Fachdidaktische Untersuchungen zeigen, dass Schüler Schwierigkeiten haben, dieses Denkkonzept zu übernehmen. Das Vermischen von Teilchen- und Kontinuumsvorstellung³ ist Ursache für viele Verständnisschwierigkeiten im Unterrichtsfortgang. Die sorgfältige Unterscheidung der beiden Denkkategorien Stoffebene/Teilchenebene bzw. Kontinuum/Diskontinuum ist deshalb im gesamten Chemieunterricht von zentraler Bedeutung. Das verständnisvolle Lernen chemischer Zusammenhänge kann den Schülern wesentlich erleichtert werden, wenn stets klar gestellt wird, auf welcher der beiden Betrachtungsebenen man sich gerade befindet und jegliche Vermischung der Ebenen in Sprache (Wasser ≠ Wassermolekül) und Schrift (Formeln sind keine Abkürzungen für Stoffe, sondern beschreiben die Verhältnisse auf Teilchenebene) vermieden werden.

Die folgende Tabelle veranschaulicht, wie mit Hilfe kumulativer Lernprozesse die Übernahme dieses Denkkonzeptes im Anfangsunterricht angebahnt werden kann. Sie orientiert sich an Entwurf A des Flussdiagramms.

Themenbereich / Frage	Modellvorstellung	Modellgrenzen	Symbolische Darstellung der Teilchen	
Reinstoffe/Stoffgemische Woraus sind Stoffe aufgebaut? Was wirkt hinter den Phänomenen?	Einfaches Teilchenmodell (»Basismodell«)	Wir wissen noch nichts über Größe, Gestalt, Aussehen, Aufbau der kleinsten Teilchen.	Reinstoff (Einstoff)	Stoffgemisch 
Chemische Reaktion Warum verschwinden bei chemischen Reaktionen Stoffe und neue tauchen auf?	Stoffänderungen sind Teilchenumgruppierungen.	Wir wissen noch nicht, wie die chemische Bindung zwischen den Teilchen zustande kommt, was mit den Teilchen dabei passiert.	$+ \rightleftharpoons + \text{ oder } + \rightleftharpoons +$	
Satz von der Erhaltung der Masse Was bleibt bei chemischen Reaktionen erhalten?	Einfaches Atommodell Hypothese: Atomarten als Basisteilchen Es gibt so viele Elementarteilchen, wie es Atomarten gibt.	Wir wissen noch nichts über die Atomzahlenverhältnisse in den Element- oder Verbindungsteilchen (=»Teilchenpaketen«).	Element A eine Atomart in Element-Teilchen	Element B mehrere Atomarten in Verbindungs-Teilchen

³Häußler u. a., Naturwissenschaftsdidaktische Forschung »Perspektiven für die Unterrichtspraxis«, IPN, Kiel, 1998, S. 178 f

Massen-/Volumengesetze Wie können wir etwas über das Atomzahlenverhältnis innerhalb eines »Teilchenpaketes« herausfinden?	Verhältnisformeln und Molekülformeln zur symbolischen Darstellung der Verhältnisse auf Teilchenebene	Wir wissen noch nicht, weshalb es salzartige und molekulare Verbindungen gibt.	salzartige Verbindungen »Teilchenpaket« = Formeleinheit  Verhältnisformel, z. B. NaCl	Molekulare Stoffe »Teilchenpaket« = Molekül  Molekülformel, z. B. H ₂ O
Ionen (phänomenologisch über elektrische Leitfähigkeit und Ionenwanderung) Wie kommen chemische Bindungen zustande?	Atome werden bei chemischen Reaktionen »verändert« => chemische Bindung	Wir wissen noch nichts über den Feinbau der Atome und die Bildung von Ionen oder Molekülen.	Ionengitter 	

Die Grundfragen der Chemie

Grundfragen der Chemie

Aufbauend auf dem Stoff-Teilchen-Konzept setzt sich die Chemie mit den folgenden Grundfragen auseinander:

- ➔ Wie sind die Stoffe aufgebaut? (Struktur-Eigenschafts-Beziehung)
- ➔ Wie lassen sich Reaktionen (Stoffumbildungen) deuten? (Donator-Akzeptor-Prinzip)
- ➔ Welche Rolle spielt dabei die Energie? (Energie-(Entropie)-Konzept)

Diese Grundfragen liefern die übergreifenden Leitlinien für die Betrachtung vieler chemischer Lerninhalte, hinter ihnen stehen weitere Basiskonzepte. Sie wurden deshalb als Gliederungspunkte im Flussdiagramm verwendet.

Im hier dargestellten Unterrichtsgang wird auf »Hilfskonstruktionen«, wie z. B. die Wertigkeit, die für die Schüler auf Grund des bis dahin erreichten Kenntnisstandes logisch nicht erklärbar sind, und »schuleigene«, historisch bedingte Erklärungen, wie z. B. die Redox-Reaktion als Sauerstoffübertragung, verzichtet. Die jeweils mögliche Ausdifferenzierung der Deutung eines beobachteten Phänomens ergibt sich aus den bis dahin eingeführten Modellvorstellungen, denen deshalb ebenfalls eine Spalte im Flussdiagramm zugestanden wurde.

2. Erschließungsfelder im Biologieunterricht

Durch einen Unterricht, der von Beginn an konsequent an fachwissenschaftlichen Schlüsselkonzepten (hier als *Erschließungsfelder* bezeichnet) orientiert ist, ermöglicht man den Schülern hinter der immensen Fülle verschiedenartiger biologischer Phänomene ein System erklärender und ordnender Denkmöglichkeiten zu entdecken. Als Erschließungsfelder eignen sich fachwissenschaftlich relevante Konzepte, die eine Strukturierung der Inhalte aus Sicht der Fachsystematik ermöglichen, ohne dabei die vielfältigen Aspekte der Erfahrungswelt zu vernachlässigen. In folgender Abbildung sind mögliche Erschließungsfelder dargestellt:



Arbeiten mit Erschließungsfeldern

Wie kann man mit den Erschließungsfeldern im Unterricht arbeiten?

Die Erschließungsfelder können an geeigneten Beispielen sukzessive oder abschnittsweise in den ersten beiden Jahren des Biologieunterrichts eingeführt werden. Sie können z. B. als Lernplakat im Biologieraum präsent sein, oder die Schüler übernehmen ein entsprechendes Schema in ihr Heft. Die Erschließungsfelder helfen dabei, biologische Phänomene aus verschiedenen Perspektiven zu interpretieren. Bei jedem Objekt oder Prozess, sei es der Organismus Hund, seine Temperaturregulation, das Ökosystem Wald oder ein Virus, stellt sich die Frage nach der Struktur. Immer stellt sich die Frage nach der Anpasstheit, nach der Organisationsebene, auf der man diese Struktur betrachtet. Man kann untersuchen, aus welchen Stoffen ein Objekt besteht, woher die erforderliche Energie stammt, wenn es sich aktiv bewegt, welche Wechselwirkungen auf welcher Organisationsebene stattfinden und wo, in welcher Form und in welcher Weise die notwendigen Informationen zum Aufbau oder zu ablaufenden Prozessen vorhanden beziehungsweise regelnd oder steuernd wirksam sind.

Wenn die Erschließungsfelder eingeführt und im Unterricht systematisch wiederkehrend verwendet werden, können sie die Entwicklung von fachspezifisch konzeptuellem Verständnis fördern. Der folgende Abschnitt zeigt, wie man mit Hilfe eines Erschließungsfeldes die im Biologieunterricht zu behandelnden Inhalte auf kumulative Vernetzungsmöglichkeiten hin untersuchen und entsprechende Unterrichtskonzepte entwickeln kann.

Kumulatives Lernen im Biologieunterricht mit dem Erschließungsfeld Stoffe – Teilchen



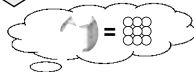
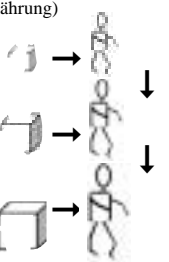
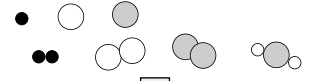

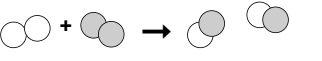
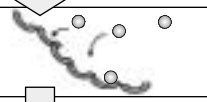
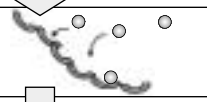
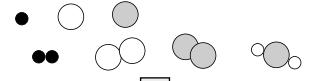
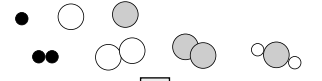
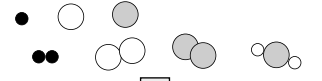
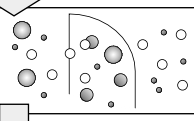
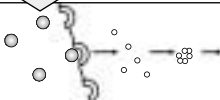
Erschließungsfeld Stoffe-Teilchen

Die Vorstellung, dass alles Stoffliche aus Teilchen besteht, die sich zu wahrnehmbaren Strukturen zusammenlagern, ist ein fundamentales Verständnismodell der modernen Naturwissenschaften. Das Teilchenmodell besitzt hohe Erklärungskraft für außerordentlich viele Phänomene, es fordert und fördert abstraktes und konzeptuelles Denken und kann daher als wesentlicher Bildungsinhalt des naturwissenschaftlichen Unterrichts gelten. Auch der Biologieunterricht nutzt von Anfang an Teilchenvorstellungen. So werden beispielsweise bei der Atmung Sauerstoff-, bzw. Kohlenstoffdioxidmoleküle in der Regel durch farbige Punkte symbolisiert. Die Thematik wird aber nicht explizit behandelt, es wird wohl selten über das zugrunde liegende Modell gesprochen.

Das hier vorgestellte Unterrichtskonzept greift – beginnend mit der 5. Jahrgangsstufe des Gymnasiums – das Teilchenmodell immer wieder bewusst auf, integriert es, ohne »chemisieren« zu wollen in den Biologieunterricht. Es versucht unter Berücksichtigung des Vorwissens, der Vorerfahrungen und der Verstehensmöglichkeiten der Schüler in spielerisch behutsamer Weise, biologische Phänomene zu beschreiben und zu interpretieren. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass das Denken in Teilchen, also konkreten, spezifischen, abzähl- und damit vorstellbaren Mengen oder Einheiten, das Verständnis vieler biologischer Phänomene erleichtert. So ist es bereits für Schüler der 5. Jahrgangsstufe möglich, mit Hilfe von Modellen Vermutungen darüber zu entwickeln, wie aus körperfremden Stoffen körpereigene Stoffe aufgebaut werden, wie sich Stoffe im Raum verteilen, wie Stoffe Hindernisse wie z. B. Zellwände durchdringen, im Organismus verteilt werden oder wie man sich den Übergang vom festen in den flüssigen Zustand erklären kann.

Aus Platzgründen können hier die einzelnen Unterrichtsideen nur in sehr knapper tabellarischer Form vorgestellt werden. Detaillierte, für die Unterrichtspraxis taugliche Ausarbeitungen sind für

eine nachfolgende Veröffentlichung auf CD-ROM vorgesehen.

THEMEN-BEREICH	ZIELE AUS SICHT DES ERSCHLIESSUNGS-FELDES STOFFE/TEILCHEN	INHALTE UND UNTERRICHTLICHE UMSETZUNG
Kennzeichen von Lebewesen 	Einfacher naturwissenschaftlicher Stoffbegriff 	Stoffliche Zusammensetzung von Lebewesen (Wasser, Proteine,...) Stoffe als Material mit bestimmten Eigenschaften (Geruch, Farbe, man kann sie wiegen, ...) Experimente
Riechen – Schmecken	Teilchenmodell 1 (»Basismodell«) 	Stoffe bestehen aus Teilchen Deutung der Aggregatzustände Riechvorgang als Wechselwirkung
Stoffaufnahme/-abgabe (Ernährung) 	Teilchenmodell 2: Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen 	»Basisteilchen« = Atomarten, »Teilchenpakete« Sauerstoff, Wasser, Kohlenstoffdioxid, Traubenzucker – Stärke, Aminosäuren – Proteine, Modelle (Legosteine), Darstellung mit einfachen Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Wachstum
Energiefreisetzung-Stoffabbau Atmung 	Stoffänderungen sind Teilchenumgruppierungen 	»Verwandlung« von tierischem oder pflanzlichem Protein in körpereigenes Protein Arbeiten mit Modellen (Lego), Experimente (Stärke → Doppelzucker/Enzymwirkung) Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Energie
Geruchsinne Hund	Stoffe bzw. Teilchen als Energieträger 	Experimente (Kerze/Nachweise) Arbeit mit Modellen (Lego), Nachspielen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Struktur Oberflächenvergrößerung
Pflanzenfresser (z. B. Rind)	Teilchenmodell (Wiederholung) 	Riechvorgang als Wechselwirkung Teilchen – Sinneszelle, Riechleistung hängt von der Zahl der Zellen/Oberfläche ab
Photosynthese	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung, Stoffe bzw. Teilchen als Energieträger 	Aufbau von Cellulose aus Traubenzucker Zerlegen von Zellulose durch Mikroorganismen (passende Enzyme), Arbeit mit Modellen Darstellung mit Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Wechselwirkung
Stoffkreislauf	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung, Masse geht nicht »verloren«, Stoffe bzw. Teilchenkombinationen als Energieträger 	Bildung von Traubenzucker Aufbau von Stärke aus Traubenzucker Versuche von v. Helmont Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Energie
Osmose	Organisationsebenen von T./Teilchenkombinationen, Stoffänderungen als Teilchenumgruppierung Stoffe bzw. Teilchenkombinationen als Energieträger 	Kohlenstoffkreislauf, Abbau von Zellulose durch Pilze, »fleischfressende« Pflanzen Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen Experimente
Viren Hormone	Stoffströme durch Teilchenbewegung und -umgruppierung 	Diffusion, Osmotischer Druck, Quellung durch Stärkeabbau, Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen, Experimente Verknüpfung mit dem Erschließungsfeld Struktur
Viren Hormone	Stoffe/Teilchen als Informationsträger 	Proteinsynthese bei Virenvermehrung Hormonwirkung als Wechselwirkung Teilchen-Rezeptor Arbeit mit Modellen, Darstellung mit Symbolen

3. Vernetzungsmatrizen

In einem auf kumulatives Lernen angelegten mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht kommt dem Herstellen fächerübergreifender (horizontaler) Verknüpfungen hohe Bedeutung zu. Die wechselseitigen Bezüge zwischen den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern lassen sich besonders gut mit Hilfe von *Vernetzungsmatrizen* darstellen.

Fächerübergreifende Verknüpfungen

Beispiel:

Ausschnitt aus einer Vernetzungsmatrix mit dem Leitthema »geometrische Abbildungen«

Geometrische Abbildung	Symmetrie und Figuren	Mathematik	Physik	Chemie	Biologie	Kunst
● Punktspiegelung	● Punktsymmetrische regelmäßige n-Ecke (7) ● Punktsymmetrische Vierecke (8)	● Graphen von Sinus- und Tangensfunktion (10) ● Punktsymmetrische Funktionsgraphen (11)	● Orbitale (12) ● Reflexion am optisch dichten Medium	● Struktur des Kochsalzkristalls (12) ● Orbitale (12)	● Blütenbau, speziell Kreuzblütler (6) ● Radiärsymmetrische Tiere (9) ● Wurzeleitbündel (7)	● Ornamentale Darstellungen von Naturformen mit geometrischen Hilfsmitteln, S. E. Haeckel: »Kunstformen der Natur« (1904) ● Konstruktion von Mandalas nach Vorlagen oder eigenen Ideen (7) ● Flächengliederung im Rastersystem mit einer vorgegebenen Grundfigur und Anwendung geometrischer Abbildungen (12)
● Drehung	● Regelmäßige n-Ecke (7) ● Drehsymmetrische Figuren (10, K12)	● Einführung von rotationssymmetrischen Körpern (10) Zylinder, Kegel, Kugel (10) ● Die Kreisteilungsgleichung in C (11)	● Drehbewegungen (11), z. B. Winkelgeschwindigkeit, Foucault'sches Pendel, Keplersche Gesetze ● Phasendiagramme von Wechselströmen (12) ● Bewegung von Ladungen im homogenen Magnetfeld (10,12) ● Der Drehspiegelversuch (12) Polarisation (12) Orbitale (13)	● Drehsymmetrien im Atombau (9) ● Orbitale (K12)	● Spezielle Algenarten, z. B. Volvox (9) ● Euglena (9)	● Die Darstellung von Bewegungsabläufen durch Momentbilder (7) ● Kinetische Objekte, Windmühlen, Windräder ● Flächengliederung im Rastersystem mit einer vorgegebenen Grundfigur und Anwendung geometrischer Abbildungen (12) ● Konstruktion von Mandalas nach Vorlagen oder eigenen Ideen (7)

Für Lehrer stellt die Vernetzungsmatrix eine Art »mind map« dar, an der sie sich bei der Unterrichtsvorbereitung, insbesondere bei der Erstellung von anwendungsbezogenen und vernetzenden Aufgaben, orientieren können. Die Ausführung der Matrix als Plakat mit Bildelementen ist für den Einsatz im Klassenzimmer vorgesehen. Sie macht den fachübergreifenden Gedanken für die Schüler lebendig. Sie werden an bekannte Lerninhalte aus den verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern erinnert und lernen, dass mathematische Gesetze auch in den anderen Naturwissenschaften Bedeutung haben. Die leere Matrix kann als Grundlage für Projektunterricht dienen. Hier erhalten die Schüler den Arbeitsauftrag, jeweils nach ihrem Kenntnisstand selbst gezeichnete Bilder, Photographien oder geometrische Konstruktionen mitzubringen und den jeweiligen Matrixfeldern zuzuordnen.

Die Abbildung »Die Drehung« ist ein Ausschnitt einer ausführlichen Matrix.

<p>Die Drehung</p>	<p>Rotationskörper</p>
	<p>Rotationssymmetrische Orbitale</p>
<p>Gleichseitiges Dreieck (120°) Hexagramm (60°)</p> <p>Pentagramm (72°) Quadrat (90°)</p>	<p>Radiärsymmetrischer Körperbau</p>
<p>Rotationskörper</p>	

Abb.: (Reihe unten v. l.) Wilfried Kuhn, Physik Band I, G.Westermann Verlag, Braunschweig 1975, Seite A16, Abb. 16.1; Amann, Anton, Deisenberger, Grundkurs Chemie 1 (1. Auflage), C.C.Buchner, Bamberg 1996, Seite 6, Bild 6.5; Karl Daumer, Biologie 9G (2. Auflage), bsv München 1992, Seite 64, Abb. 3; W. Nerdinger, Elemente künstlerischer Gestaltung – Eine Kunstgeschichte in Einzelinterpretationen (1. Auflage), Verlag Martin Lurz, München 1986, Seite 85

4. Strukturierende Schemata

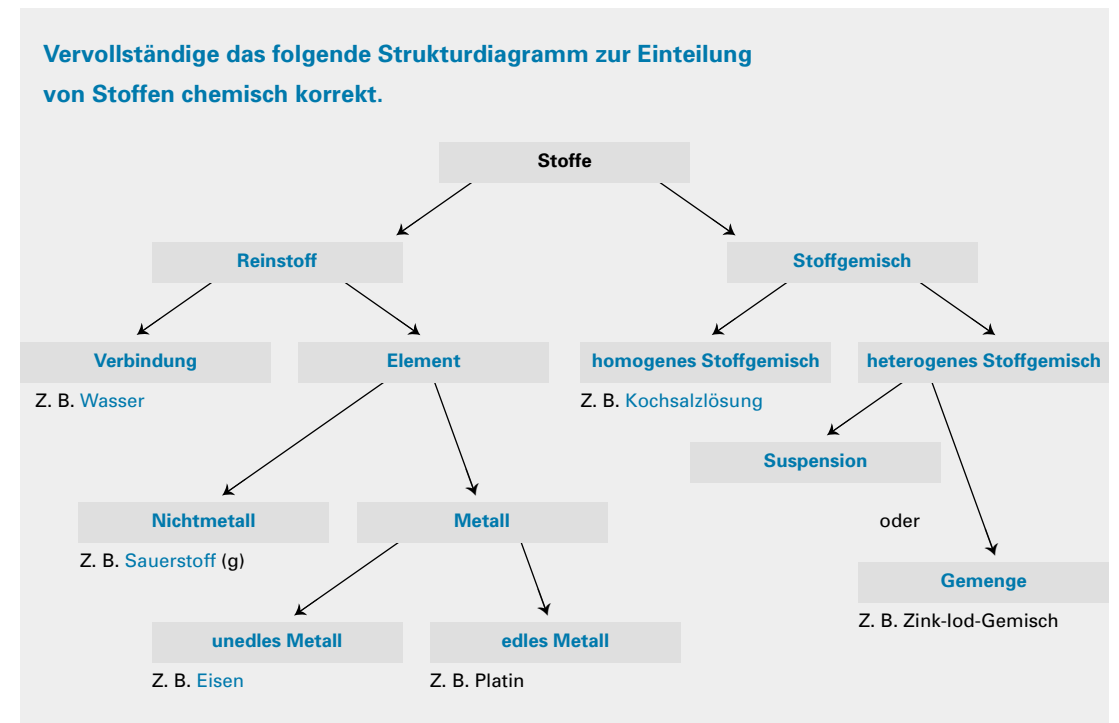
Strukturierende Darstellungsformen eignen sich besonders gut, um vertikale und horizontale Verknüpfungen von Unterrichtsinhalten darzustellen. Sollen Differenzierungsprozesse – vom Globalen zum Einzelnen – ausgelöst werden, so bietet sich der Einsatz von Strukturdiagrammen an. Begriffsnetze sind ein geeignetes Methodenwerkzeug⁴ zur Festigung und vertikalen Vernetzung von Grundbegriffen, bei denen Integrationsprozesse im Vordergrund stehen.

⁴Ausführliche Methodenhinweise in *Methoden-Handbuch DFU*, Varus-Verlag und NiU Chemie, 12, 2001, Nr. 64/65

Beispiel eines Strukturdiagramms (Begriffshierarchien)

Beriffshierarchien

Die folgende Aufgabe wurde in einer Chemie-Schulaufgabe in Jahrgangsstufe 9 gestellt:

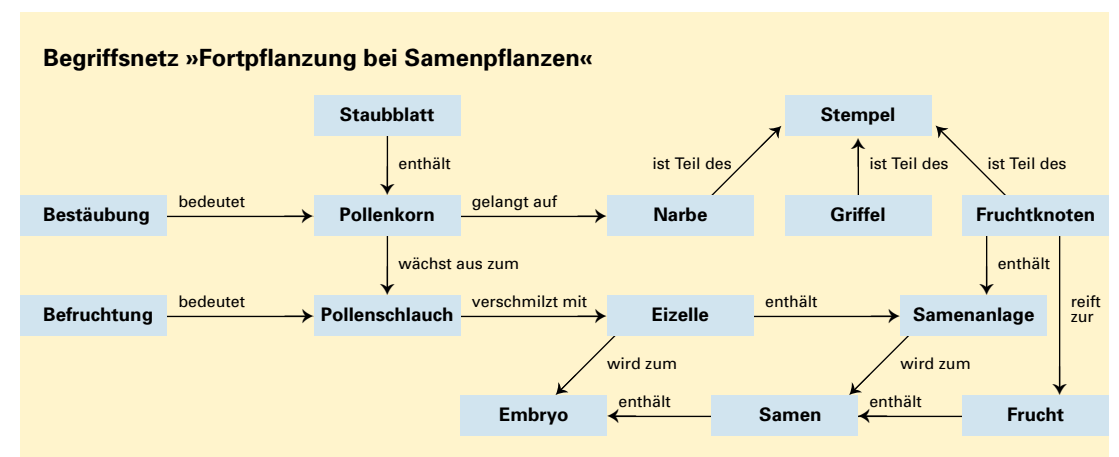


Alle hier blau gedruckten Begriffe waren von den Schülern einzufügen.

Beispiel eines Begriffsnetzes (Concept-Map)

Concept-Map

Prinzip: Den Schülern werden Fachbegriffe ungeordnet angegeben. Die Aufgabe besteht darin, die Begriffe zu sortieren, anzuordnen und mittels beschrifteter Pfeile Beziehungen zwischen den Begriffen festzulegen.



5. Vernetzende Aufgaben

Vertikale Vernetzung:
Mathematik

Beispiel 1: Vertikal vernetzende Mathematik-Aufgabe

Die Aufgabe, die im Zentrum der im Folgenden beschriebenen Unterrichtsstunde steht, dient dazu, im Mathematikunterricht der 7. Jahrgangsstufe die Lerninhalte »Anwendungsaufgaben zu linearen Gleichungen und Ungleichungen« und »Prozentrechnung« zu vernetzen.

Lernziel

Lernziel: Die Schüler lernen das Umsetzen von Texten aus einem bekannten Sachzusammenhang in lineare Gleichungen und Ungleichungen. In der Angabe sind Prozentangaben enthalten, die richtig interpretiert und danach als Dezimalbruch in den x-Ansatz eingefügt werden müssen. Ergebnisse werden ebenfalls als Prozentsatz angegeben.

Grundwissen

Benötigtes Grundwissen:
Berechnung von Prozentwert,
Prozentsatz und Grundwert (Jgst. 6)
Rechnen mit Brüchen in Dezimalschreibweise (Jgst. 6)

Unterrichtsthema

Unterrichtsthema: Lineare Gleichungen und Ungleichungen

Unterrichtsablauf

Unterrichtsverlauf:
 ❶ Motivation: Eine bekannte Telefon-Gesellschaft wirbt mit dem Slogan »-8,4%« (Kopie eines Werbeprospektes). Die Schüler berichten aus ihren Erfahrungen über Gründe, warum das Telefonieren immer billiger wird.
 ❷ Bereitstellung von Grundwissen
 In dieser ersten Phase werden die Grundlagen der Prozentrechnung wiederholt. Dies kann z. B. mit Hilfe eines Arbeitsblatts geschehen.
 ❸ Bearbeitung einer Sachaufgabe zu linearen Gleichungen und Ungleichungen:

Aufgabe

Familie Gruber überlegt, ob sie die Telefongesellschaft wechseln soll. Bei ihrem bisherigen Anbieter A mussten sie eine monatliche Grundgebühr von 22,50 DM und 0,12 DM pro Einheit bezahlen. Die Telefongesellschaft B verlangt zwar 41,20 DM Grundgebühr, jedoch nur 0,08 DM pro Einheit.

Familie Gruber erhofft sich durch den Wechsel eine monatliche Einsparung von mindestens 20% der Telefonkosten.

- a) **Wie viele Einheiten muss sie dafür monatlich mindestens verbrauchen?** Stelle eine Ungleichung auf.
- b) **Wie viel Prozent beträgt die Ersparnis bei der doppelten Anzahl von Einheiten?** Runde auf eine Dezimalstelle.
- c) **Kann die Telefongesellschaft B ihre Versprechung: »-50%« einhalten?**

Beispiel 2: Aufgaben zur horizontalen Vernetzung zwischen Mathematik und Biologie

Horizontale Vernetzung:
Mathematik und Biologie

Die folgenden Aufgaben können im Zusammenhang mit dem Erstellen und Auswerten von Termen im Mathematikunterricht der Jahrgangsstufe 7 eingesetzt werden.

Das Idealgewicht

Jedes übermäßig verzehrte Gramm Fett wird für Notzeiten im Körper gespeichert. Über Jahrmillionen war eine solche Fettreserve auch sinnvoll, da die Menschen immer wieder Hungerperioden zu überstehen hatten. Heute, im Zeitalter voller Kühlschränke und zahlreicher Fastfood-Ketten essen viele von uns zu viel und zu fettreich. Dies führt zu dem Problem, dass viele Menschen in den Industrienationen Übergewicht haben.

1. Eine alte Faustregel für die Bestimmung der idealen Körpermasse in kg lautet:

- a) **für Männer:** $\text{Körpermasse (in kg)} = \text{Körpergröße (in cm)} - 100$
- b) **für Frauen:** $\text{Körpermasse (in kg)} = [\text{Körpergröße (in cm)} - 100]$ abzüglich 10% davon

➔ **Aufgabe ❶:** Stelle für beide einen Term auf!

➔ **Aufgabe ❷:** Bestimme für Jungen und Mädchen der Liste das Idealgewicht und stelle deine Daten tabellarisch in einem geeignet gewählten Gitternetz auf Millimeterpapier dar!

Ein Zehnjähriger	misst	etwa	1,45 m	Körpergröße
ein Elfjähriger	"	"	1,50 m	"
ein Zwölfjähriger	"	"	1,60 m	"
ein Dreizehnjähriger	"	"	1,65 m	"
ein Vierzehnjähriger	"	"	1,75 m	"
ein Zwanzigjähriger	"	"	1,80 m	"

Aufgabenteil 1

Aufgabenteil 2

2. In der internationalen Forschung hat man heute für die Erfassung des Übergewichts ein neues Maß entwickelt, den »body mass index« (kurz BMI). Er wird wie folgt berechnet:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpermasse in kg}}{\text{Körpergröße in m} \times \text{Körpergröße in m}}$$

Der BMI soll zwischen 20 und 25 liegen.

Aufgabenteil 3

→ **Aufgabe 3:** Berechne jetzt nach dem BMI die Grenzen, innerhalb derer sich das Idealgewicht für die obengenannten Personen befindet.

Trage die Grenzpunkte in das Gitternetz von Aufgabe 2 ein. Überprüfe, ob die Gitterpunkte aus der Faustregel innerhalb der Grenzen des BMI liegen!

Aufgabenteil 4

→ **Aufgabe 4:** Berechne die Idealgewichte bzw. die Grenzwerte für den BMI für die Körpergrößen von 1,10 m bis 2 m im Abstand von 10 cm, trage sie, soweit nicht schon vorhanden, in die Graphik von Aufgabe 2 ein und verbinde die zusammengehörigen Werte!

Stelle für die Berechnung der oberen und unteren Grenzen der Körpermasse mittels des BMI entsprechende Terme auf!

Ab welcher Körpergröße wird die Faustregel nach dem BMI sinnlos?

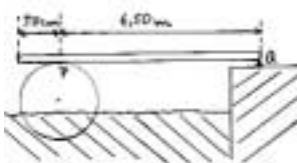
Ermittle dies aus der Tabelle und dem Gitternetz!

Anmerkung: Aufgabe 4 führt bereits zur Schnittpunktbestimmung von linearen und quadratischen Funktionen.

Horizontale Vernetzung: Mathematik und Physik

Beispiel 3: Aufgabe zur horizontalen Vernetzung zwischen Mathematik und Physik

Die Aufgabe ist für den Einsatz im Mathematikunterricht der 10. Jahrgangsstufe vorgesehen und vernetzt die Inhalte Hebel, Kräfte, Auftrieb (Physik 8); Winkelfunktionen, Volumen von Rotationskörpern, Bogenmaß (Geometrie 10).



Am Ufer eines Gewässers schwimmt auf einem zylinderförmigen Fass (Radius 50 cm, Höhe 1,50 m, Masse 10 kg) ein Landesteg für Boote. Der Steg hat einen rechteckigen Grundriss und ist aus hölzernen Dielen gefertigt (Masse 200 kg, Schwerpunkt in der Mitte).

Wie tief taucht das Fass ins Wasser ein?