

Multimedia - Lehr- und Lerntools für Unterricht und Lehre

Dem Fachbereich C Mathematik und Naturwissenschaften
der Bergischen Universität Wuppertal
zur Erlangung des akademischen Grades eines
- Doktors der Pädagogik -
(Dr. paed.)

eingereichte Dissertation

von

Ralf-Peter Schmitz
aus Kamp-Lintfort

Wuppertal, Oktober 2009

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20100015

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3A468-20100015>]

Die vorliegende Arbeit entstand in der Zeit
von November 2002 bis September 2009
im Arbeitskreis Chemie und ihre Didaktik
unter der Leitung von
Herrn Prof. Dr. Michael W. Tausch.

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig im Arbeitskreis Chemie und ihre Didaktik unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Michael W. Tausch durchgeführt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Wuppertal, den 5. Oktober 2009

Ralf-Peter Schmitz

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Michael W. Tausch für die Bereitstellung und Überlassung des Themas zur Entwicklung von Multimedia-Bausteinen. Insbesondere gilt ihm mein Dank für die mir eingeräumte Möglichkeit einer kontinuierlichen und systematischen Einarbeitung in das Autorensystem Flash und die Umsetzung vieler eigener Ideen zu didaktischen Modellen in Lehr- und Lernmedien.

Bedanken möchte ich mit auch bei Frau Prof. Dr. Ch. Reiners für die Übernahme des Korreferates.

Mein Dank gilt auch meinen Kolleginnen und Kollegen aus dem Arbeitskreis von Prof. Dr. Michael W. Tausch Frau Dr. Claudia Bohrmann-Linde, Frau Simone Krees, Herrn Amitabh Banerji und Herrn Nico Meuter für die stete Diskussionsbereitschaft und viele Rückmeldungen. Auch möchte ich meinen früheren Kolleginnen und Kollegen Frau Silke Korn, Herrn Christian Eisel und Herrn Michael Woock danken für den Gedankenaustausch während der Anfänge meiner Arbeit.

Danken möchte ich auch meinem Lehrerkollegen und guten Freund Werner Bohnen für das immer offene Ohr und für das Interesse, das er mir über meine Entwicklungsarbeit bekundet hat.

Außerdem danke ich allen Kolleginnen, Kollegen und interessierten Online-Nutzern für die vielen mir zugegangenen Emails mit Anregungen und Rückmeldungen zu den verschiedenen Lehr- und Lernbausteinen.

Mein Dank gilt auch meiner Familie, meiner Frau und meinen Kindern, für die Durchsicht der Arbeit. Besonders möchte ich meiner Frau danken für die Geduld, die sie mir während der ganzen Zeit entgegengebracht hat.

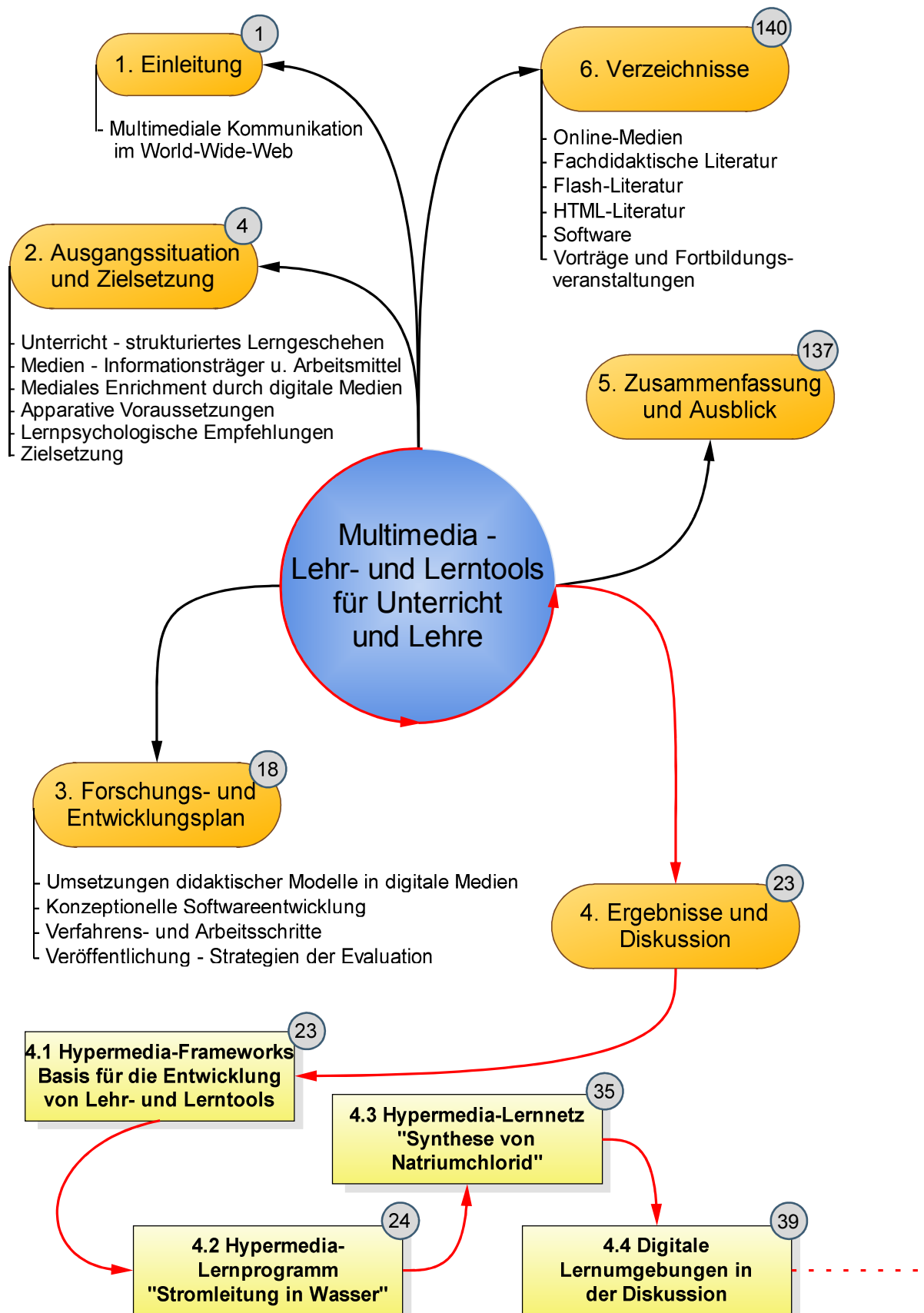
Inhaltsverzeichnis

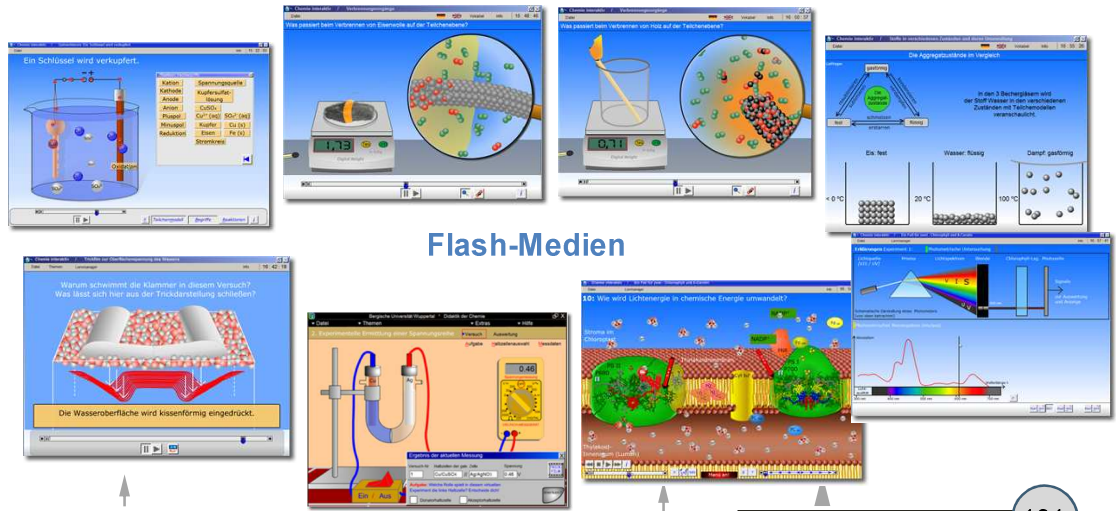
1. Einleitung	1
2. Ausgangssituation und Zielsetzung im schulischen Kontext	4
2.1 Unterricht – ein strukturiertes Lerngeschehen.....	4
2.2 Medien – Informationsträger und Arbeitsmittel im Unterricht.....	5
2.3 Lernmittel mit statischer oder dynamischer Informationsvermittlung.....	7
2.4 Mediales Enrichment durch digitale Lehr- und Lernmedien	8
2.5 Apparative Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Medien	9
2.6 Multimedia-Lernen in der Forschung der Lernpsychologie.....	9
2.6.1 Cognitive Load Theorie.....	10
2.6.2 Kognitive Theorie multimedialen Lernens.....	11
2.6.3 Gemeinsamkeiten beider Theorien in Bezug auf Lernmaterialien ..	13
2.6.4 Gestaltungsempfehlungen (Designempfehlungen).....	14
2.7 Zielsetzung.....	16
3. Forschungs- und Entwicklungsplan.....	18
3.1 Umsetzungen didaktischer Modelle in digitale Medien für den Chemieun- terricht.....	18
3.2 Konzeptionelle Softwareentwicklung – eine unabdingbare Verpflichtung.....	19
3.3 Softwareentwicklung - Verfahren und Arbeitsschritte	20
3.4 Planmäßige Veröffentlichungen – Basis und Strategien der Evaluation ...	21
4. Ergebnisse und Diskussion	23
4.1 Hypermedia-Frameworks – Informationssysteme im World-Wide- Web als Basis für die Entwicklung von Lehr- und Lerntools	23
4.2 Hypermedia-Lernprogramm zum Thema „Stromleitung in Wasser“ .	24
4.2.1 Basis-Layout der Lernseiten.....	24
4.2.2 Allgemeine Kennzeichen eines Lernprogramms	24

4.2.3 Programmtechnische, inhaltliche und methodische Organisation des Hypermedia-Lernprogramms zum Thema „Stromleitung in Wasser“	26
4.2.4 Hypermedia-Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ in der didaktischen Diskussion	32
4.3 Hypermedia-Lernetz zum Thema „Synthese von Natriumchlorid“ ..	35
4.3.1 Kennzeichen eines Lernnetzes	35
4.3.2 Technische, inhaltliche und methodische Organisation des Hypermedia-Lernetzes „Synthese von Natriumchlorid“	35
4.4 Digitale Lernumgebungen in der Diskussion.....	39
4.4.1 Hypermedia-Lernumgebungen in der didaktischen Diskussion	39
4.4.2 Pflegeaufwand bei Hypermedia-Frameworks.....	40
4.4.3 Flash 8 Professional – eine alternative Entwicklungsumgebung zur Erstellung von Lernmedien.....	40
4.5 Die Animationssoftware Flash 8 Professional	43
4.5.1 Kennzeichen von Flash-Animationen	44
4.5.2 Einarbeitung in die Entwicklungsumgebung.....	47
4.6 Historie der Entwicklung von Flash-Medien im Rahmen dieser Arbeit.....	48
4.6.1 Die ersten Flash-Programme	48
4.6.2 Didaktisch-methodische Ausrichtungen in der weiteren Entwicklung von Flash-Medien.....	50
4.6.2.1 Multimediale Arrangements im Chemieunterricht	50
4.6.2.2 Methodisch differenzierte Flash-Medien	53
4.6.2.3 Kennzeichen verschiedener Typen von Flash-Medien	55
A) Flash-Folien	55
B) Flash-Infos	56
C) Flash-Lerngeschichten	57
D) Interaktive Flash-Animationen	59
E) Flash-Aufgaben	59
F) Flash-Lernprogramme und Lernsequenzen	61

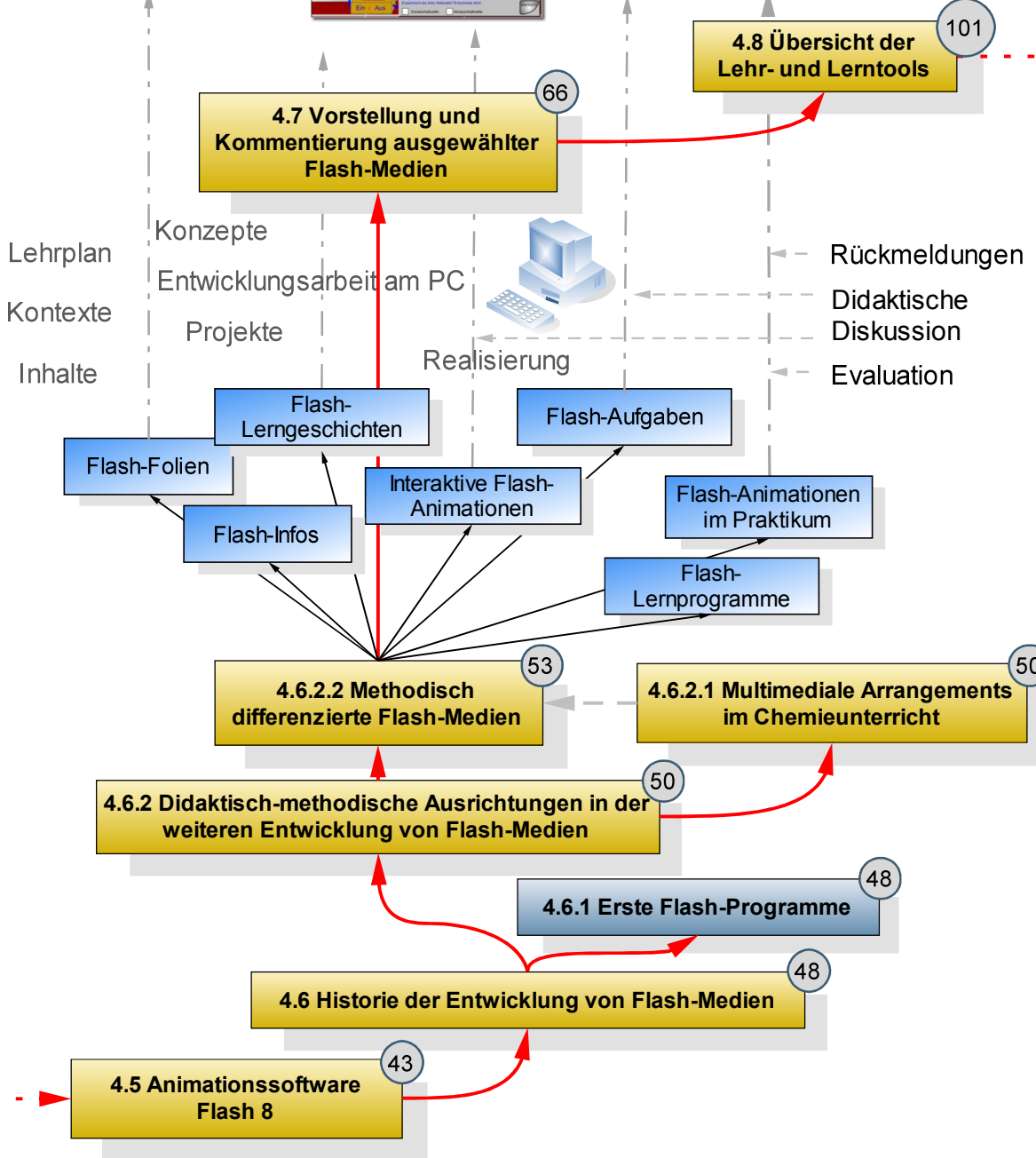
4.9 Veröffentlichung, Evaluation und Qualitätsmanagement der entwickelten Medien	124
4.9.1 Veröffentlichung im Internet.....	124
4.9.1.1 Internetportal „Chemie-interaktiv.net“	124
4.9.1.2 Statistiken der Zugriffe auf „www.chemie-interaktiv.net“ ..	127
4.9.2 Veröffentlichung und Verlinkung über Fremdportale	130
4.9.3 Veröffentlichung über Fachzeitschriften	133
4.9.4 Vorstellung auf Fortbildungsveranstaltungen	133
4.9.5 Veröffentlichung durch das Projekt „Naturwissenschaften entdecken“	134
4.9.6 Email-Rückmeldungen von Kollegen und Schülern.....	134
4.9.7 Einbindung von Animationen als Online-Ergänzungen in Schulcurricula und Unterrichtsreihen zum neuen Kernlehrplan G8.....	136
5. Zusammenfassung und Ausblick	137
6. Verzeichnisse	140
6.1 Linkliste der Medien.....	140
6.2 Literatur	145
6.2.1 Fachdidaktische Literatur	145
6.2.1.1 Printmedien.....	145
6.2.1.2 Online-Medien.....	147
6.2.2 Flash-Literatur	152
6.2.3 HTML-Literatur	153
6.3 Software	153
6.4 Vorträge und Fortbildungsveranstaltungen.....	154

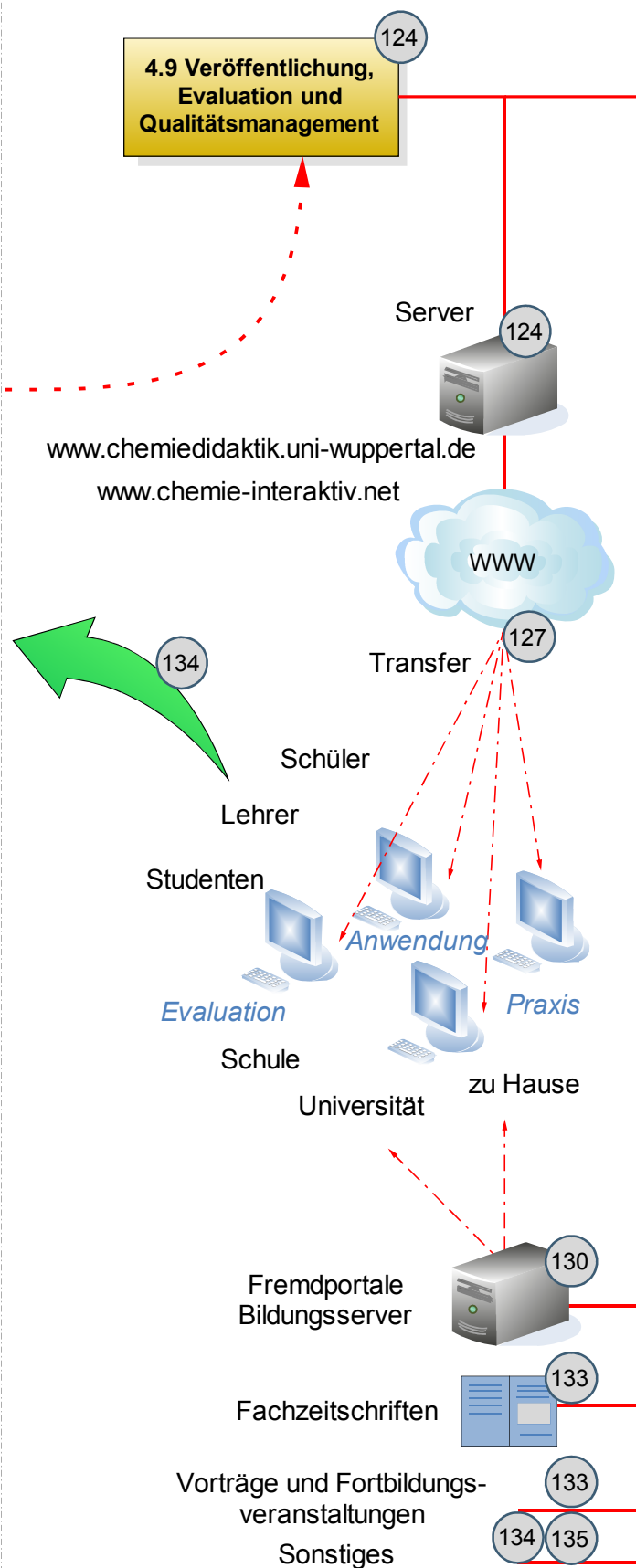
Grafische Inhaltsübersicht





Flash-Medien





1. Einleitung

Im Zeitalter der elektronischen Kommunikation fließen weltweit große Datenmengen durch die Netzwerke in Firmen, Institutionen und Privathaushalte. Jedwede Information des täglichen Lebens lässt sich damit schnell und adressatengenau verschicken und abrufen. Mit der Entwicklung des World-Wide-Web wird für jedermann der Zugriff auf nationale und internationale Datenpools möglich.

Die Entwicklung dieser weltweiten Vernetzungen in den 90er Jahren wurde erst möglich durch die Leistungssteigerung der Personal Computer und diverser peripherer Hardware und durch die damit einhergehende kontinuierliche Weiterentwicklung von Betriebssystemen und Anwendungsprogrammen.

Einen entscheidenden Schritt nach vorn für die Bedeutung des MS-DOS-PCs im Alltag für jedermann war die Entwicklung der grafischen Benutzeroberfläche „Windows“ Mitte der 90er Jahre. Mit dieser ersten Version, anfangs Windows 95 genannt, etablierte sich Windows als das Multitasking-System der PCs. Gleichzeitig konnte die Datenübertragungsgeschwindigkeit im Internet verbessert und gesteigert werden. Das Informationsangebot auf den Bildschirmen wechselte in den Folgejahren vermehrt zu grafischen Formaten wie Bitmapgrafiken, Videosequenzen und Animationen. Damit erreicht heute die ursprünglich textuelle Präsentation von Informationen mit zunehmend grafischen Layouts auf den Bildschirmen neue Informationsdimensionen.

Wachsende Netzwerkstrukturen und qualitativ aufgewertete grafische Darstellungsmöglichkeiten lassen die elektronische Kommunikation und Informationsvermittlung auch zum Lehren und Lernen in Schulen, Universitäten und anderen Bildungsinstitutionen aufleben. Viele Arbeitsgruppen an Universitäten produzieren seit den 90er Jahren vor allem HTML-basierende Online-Multimedia [6] [7] [8]. Im gleichen Zeitraum begannen wissenschaftliche Verlage, Schulbuch-Verlage und Drittanbieter kommerzielle elektronische Medien (CD-Rom) mit unterschiedlichen inhaltlichen und methodischen Ansatzpunkten anzubieten [31].

Damit begann der Anfang einer Genese elektronischer Medien als Lehr- und Lern-Software auch rund um Unterricht und Unterrichtsinhalte. Auf der Basis technisch

verschiedener Entwicklungsumgebungen entstanden und entstehen internetfähige Hypermediaprodukte [6][7] und andere programmierte Designs für den Offline-Betrieb [26][27]. Durch die ständige Weiterentwicklung und Leistungssteigerung der PC-Hardware (vom Pentium I bis hin zum heutigen Core-Prozessor) werden zum einen immer umfangreichere grafische Layouts ermöglicht, zum anderen werden durch die wachsende Zunahme an freier Lehr- und Lernsoftware [26][27] [32] auch die Fachdidaktiken aller Disziplinen gedrängt, sich didaktisch-methodisch mit dem Instrumentarium „elektronische Medien“ lerntheoretisch auseinanderzusetzen [6][7][8][9][10][11][12][13].

Den Lehrern und Lernern aus den unterschiedlichen Bildungseinrichtungen bietet sich dadurch die Chance, kooperativ an der Entwicklung digitaler Medien mitzuwirken und in einem stetigen Informationsaustausch solche zu optimieren. Ein derartiges Vorgehen stellt die fachspezifische Evaluation auf eine sichere Grundlage.

Aus fachdidaktischer Sicht entwickeln sich grundlegende inhaltliche aber auch medienmethodische Fragestellungen:

1. Welche bestehenden und erfolgreich erprobten Modellvorstellungen der Chemie können, aufbereitet mit aktueller Multimediasoftware, im Vergleich zu bisher verwendeten Medien mit einer größeren Effizienz zum Lehren und Lernen im Chemieunterricht verwendet werden?
2. Welche neuen Lernmomente aus didaktischer und methodischer Sicht offerieren elektronische Lehr- und Lerntools für Lernprozesse des Chemieunterrichts?
3. Wie muss Chemieunterrichtssoftware gestaltet sein, um im Unterrichtsprozedere sinnvoll implementiert zu werden?
4. Welche EDV-technischen Realisierungssysteme sind für die Entwicklung kleiner, unterrichtsbezogener Multimediateile geeignet im Hinblick auf Präsentation, motivierende Gestaltung, Benutzerfreundlichkeit, Interaktivität etc.?
5. Mit welchen medienmethodischen Verfahren soll Chemiesoftware Lehren und Lernen ermöglichen: nur präsentieren oder auch informieren, interaktiv beteiligen, tutoriell begleiten o. a.?

-
6. Welche inhaltlichen Präzisierungen sollen bei der Entwicklung berücksichtigt werden? Damit werden inhaltliche Schwerpunkte, konkrete Akzentuierungen, Verknüpfungen, Verlangsamungen, gedankliche Sprünge u. a. im Vorfeld geplant, aber auch für die Unterrichtsverwendung sinnvolle Steuerungsmöglichkeiten festgelegt.

Geleitet von diesen Fragestellungen werden die Prozesse und Ergebnisse bei der Entwicklung von Flash-Animationen und die Genese verschiedener medienmethodischer Animationstypen für den Chemieunterricht an konkreten Beispielen vorgestellt und in Bezug auf deren unterrichtliche Verwendung wertend diskutiert.

2. Ausgangssituation und Zielsetzung im schulischen Kontext

2.1 Unterricht – ein strukturiertes Lerngeschehen

Die Entwicklung von Multimediabausteinen für den Chemieunterricht setzt vor aller Planung die gedankliche Auseinandersetzung mit der Frage nach dem, was Unterricht eigentlich ist, voraus. Immanuel Kant beschrieb Unterricht 1790, also aus heute erziehungshistorischer Sicht, als „eine methodische Unterweisung nach Regeln“ [1]. Methoden und Regeln sind auch heute die Steuerelemente, die Unterrichtsinhalte sachlogisch (phasiert) gliedern und für Unterrichtsstunden im 45-Minuten-Takt aufbereiten.

Unterrichtsinhalte, Unterrichtskontexte, mögliche Reihenfolgen und Umfang der Inhalte sind durch die Lehrplanstrukturierungen vorgegeben. In den Schulbüchern spiegelt sich die didaktisch-methodische Reduktion der Fachwissenschaft und ihre Fachmethodik wider. Damit steht Lehrerinnen und Lehrern ein Fundus unterrichtsrelevanter Fakten in Form von Texten, Abbildungen, Diagrammen, Versuchsanleitungen und Aufgaben als Elemente eines gedanklichen Leitfadens für ihre Unterrichtsplanung zur Verfügung.

In einer Unterrichtsstunde findet zwischen den Akteuren, Lehrerinnen bzw. Lehrern und Schülerinnen und Schülern, ein sich entwickelndes Lerngeschehen statt. Durch die Gliederung der Unterrichtsstunde in mehrere Arbeitsphasen wird die fachsystematische und fachmethodische Erschließung von Kontexten und Inhalten ermöglicht. Die Planung von Unterrichtsstunden berücksichtigt dabei verschiedene Sozialformen (Lerngruppenorganisation), Aktionsformen (Handlungsformen) und geeignete Unterrichtsmethoden (Vorgehensweisen) [2][3][4][5]. Außerdem müssen noch anthropogene Faktoren der Lerngruppe berücksichtigt werden.

Klar gegliederte Unterrichtsstunden und Methodenwechsel im Stundenverlauf offerieren Schülerinnen und Schülern durchschaubare und effektive Lernprozesse und leisten einen entscheidenden Beitrag zur Qualität von Unterricht. Gleichzeitig bieten sie den Lehrerinnen und Lehrern die Möglichkeit zur sofortigen Validierung der eigenen fachsystematischen und lernprozessbezogenen Strukturierung und las-

sen an den „Gelenkstellen“ des Unterrichts Korrekturen im unmittelbaren Unterrichtsgeschehen zu. Dies setzt beim Lehrer situative Wendigkeit und Planungssouveränität voraus (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Kennzeichen von Unterrichtsstunden [Eigenentwicklung]

2.2 Medien – Informationsträger und Arbeitsmittel im Unterricht

Neben den verbalen Lehrerinformationen spielen Medien die zentrale Rolle der Informationsbereitstellung im Unterricht. Ohne Medien ist ein anschaulicher, konstruktiver Unterricht kaum möglich. Die üblichen Medien im Chemieunterricht sind Geräte und Chemikalien zum Experimentieren, die Tafel zur Sicherung von Ergebnissen, die Arbeitsfolie auf dem OHP, das Schülerheft zum Protokollieren oder für die Aufgabebearbeitung und Ergebnissicherung und schließlich Arbeitsblätter mit Arbeitsaufträgen oder Informationspapiere zur reinen Faktenvermittlung. Daneben werden je nach Bedarf und Möglichkeiten Videosequenzen (Schulfernsehen) und Modelle, aber auch diverse andere Materialien, methodenabhängig eingesetzt.

Medien oder Arbeitsmaterialien transportieren Informationen und dienen als Arbeitsmittel in den Arbeitsphasen der Unterrichtsstunde. Eine Vielzahl von Verlagsmedien – vor allem Arbeitsblätter und Folien – bieten Lehrern vielfältige Variationen an Materialien zur Gestaltung von Arbeitsphasen im Unterricht an. Viele Eigenentwicklungen von Lehrerinnen und Lehrern - vorwiegend Folien und Arbeitsblätter - ergänzen die individuellen Planungen von Unterrichtsstunden und Unterrichtsreihen (vgl. Tabelle 1).

Medien	Erste Aktionen am Medium	Beabsichtigte Funktion des Mediums/ Arbeitsanstoß	Schüleraktionen/ Arbeitsverhalten	Auswertung/ Ergebnisse
Geräte, Chemikalien	erkunden (<i>handlungsorientiert</i>)	Aufforderung: Chemische Reaktion durchführen	experimentieren beobachten, hantieren, ausprobieren,	Chemische Reaktionen beschreiben, erklären; dabei: Abläufe auf der Teilchenebene kognitiv (-bildlich) entwickeln oder gedanklich ergänzen und als Argumentationsgrundlage nutzen
Arbeitsblatt als Infopapier	lesen, Gliederung erfassen, informieren (<i>kognitiv</i>)	Bereitstellung von Fachinformationen in Lesetexten oder in Grafiken	lesen (erarbeitend), markieren (Akzente), Notizen anfertigen,	Gelernte Fakten und Zusammenhänge wiedergeben, Abläufe anhand von Momentaufnahmen als Prozess erkennen und fehlende Verbindungen in Vorgängen gedanklich (-bildlich) ergänzen
Arbeitsblatt als Aufgabenblatt	Lesen, Gliederung erfassen, (<i>kognitiv</i>)	Fragestellungen zur Wissensanwendung, zum Üben, Vertiefen	Material durchdenken, Lösungen entwickeln, mit eigenem Wissen schriftlich bearbeiten, neue Fragen entwickeln	Lösungen berechnen, Lösungswege entwickeln, argumentativ darlegen und begründen, für den Lösungsprozess notwendige gedankliche Abläufe kognitiv-bildlich entwickeln bzw. ergänzen
Folie / OHP	Betrachten, Gliederung erfassen, lesen, informieren (<i>kognitiv</i>)	Fachzusammenhänge, Arbeitsergebnisse grafisch-zeichnerisch, grafisch-mathematisch, tabellarisch und/oder texturiert präsentieren	Beschreiben, analysieren, interpretieren und ableiten	Zusammenhänge beschreiben / erklären, Trends erkennen und formulieren, Prognosen erstellen, Ableitungen formulieren, Vorgänge auf der Teilchenebene aus den gezeichneten Strukturelementen erkennen und gedanklich (-bildlich) ergänzen (u. a.)

Tabelle 1: Kennzeichen von Medien im Chemieunterricht an Beispielen mit didaktisch-methodischen Intentionen, geplanten Schüleraktionen, erwarteten Arbeitsergebnissen (Teilaspekte der Kompetenzerwartungen); rot hervorgehobener Text nennt Ergebnisse, die von Schülerinnen und Schülern kognitiv-bildlich ergänzt werden müssen. [Eigenentwicklung]

2.3 Lernmittel mit statischer oder dynamischer Informationsvermittlung

Medien haben das Ziel, Schülerinnen und Schülern Teilaspekte des Unterrichtsthemas näher zu bringen und sie zur manuellen und kognitiven Arbeit mit den intendierten Kontexten bzw. Inhalten der Materialien unter konkreten Fragestellungen anzustoßen. Die Arbeitsgrundlage bilden statische Informationen, die in Textform, in zeichnerisch oder mathematisch formatierten Grafiken oder auch tabellarisch dargeboten werden. Chemische, chemisch-molekulare oder chemisch-technische Vorgänge werden häufig in ausgewählten Momentaufnahmen grafisch dargestellt oder rein textuell beschrieben. Kontinuierliche Abläufe, wie sie in einer Videosequenz vorgestellt und erlebbar gemacht werden können, fehlen in den typischen Arbeitsmaterialien.

Inhaltliche Verbindungen zwischen den Momentsituationen, ob grafisch dargestellt oder textuell beschrieben, müssen von den Schülerinnen und Schülern kognitiv (zumeist neu) entdeckt bzw. kognitiv-bildlich entwickelt werden (vgl. Tabelle 1). Die Aufgabenstellungen der Fachlehrerin bzw. des Fachlehrers, denen die im Material skizzierten Momentsituationen chemischer Vorgänge und Abläufe aufgrund ihres eigenen Wissens bewusst sind, implizieren indirekt (also „heimlich“) eine Schülerleistung, die individuell von den Schülerinnen und Schülern erbracht werden muss. Letztere ergänzen individuell und kognitiv-bildlich die im Material grafisch oder textuell vorgegebene Momentsituation. Dies kann in Unterrichtssituationen, bei denen im Unterrichtsgespräch z. B. aus verschiedenen Gründen keine umfassende Klärung verbal erfolgen konnte, bei den Schülerinnen und Schülern zu Fehleinschätzungen und unklaren bzw. unvollständigen Lernergebnissen führen. Ergebnissegmente bedeuten aber in der Regel unverbundene Teilaspekte und verhindern die langfristige Speicherung im Gedächtnis.

Da Arbeitsblätter, Folien, Modelle, das Schulbuch und die Tafel in der Regel nur statisch informieren, bleiben chemische Vorgänge dem individuellen Vorstellungsvermögen der Lernenden vorbehalten. Dadurch ist das so erworbene Wissen vage und entbehrt der fachimmanenten Allgemeinverbindlichkeit.

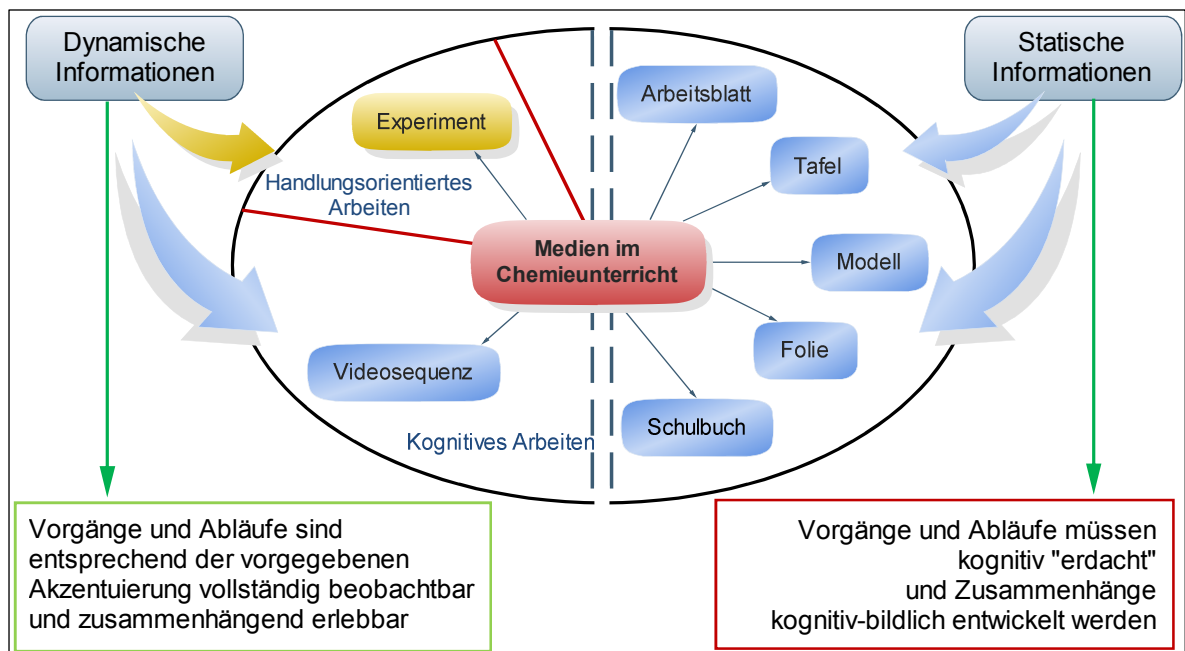


Abb. 2: Gegenüberstellung von Medien mit dynamischer und statischer Informationsvermittlung [Eigenentwicklung]

2.4 Mediales Enrichment durch digitale Lehr- und Lernmedien

Um die individuelle Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen, bieten sich für den Unterricht computerbasierte digitale Medien in Form kleinerer oder größerer, inhaltlich konkreter Lehr- und Lerntools an. Die Grenzen statischer Modelle und deren faktisch „unbildlichen“ aber „kognitiv-bildlichen“ Analysen lassen sich mittels Animationssoftware durchbrechen, indem präsentierbare dynamische Modelle zu den Inhalten des Chemieunterrichts entwickelt werden. Damit würde die Vermittlung chemischer Vorgänge und Abläufe im Chemieunterricht qualitativ und quantitativ eine neue Dimension erreichen. Die qualitative Steigerung liegt klar auf der Vollständigkeit, mit der ein chemischer Vorgang – entsprechend der gewünschten Akzentuierung – präsentiert, beschrieben und analysiert werden kann. Was bildlich vorgetragen wurde, steht im Unterrichtsgespräch für die Auswertung als Argumentationsbasis zur Verfügung. Eine Steigerung der Quantität des „Medienkarussells“ wird durch dynamische Modelle gerade zu innovativen Themen, die bisher nicht oder noch nicht in den Medienpools der Verlage aufgenommen worden sind, erfolgen können. Innovative Themen als Ergebnis aktueller Forschung werden i. d. R. erst viel später in den Schulbüchern als Beispiele angeführt und z. T. meist Jahre später - falls für sinnvoll befunden – unter

didaktisch-methodischen Gesichtspunkten in die Lehrpläne eingearbeitet. Hierüber entwickelte Multimediasoftware erhöht viel schneller und deutlicher das Verständnis neuer Erkenntnisse und deren Bedeutung für das Fach Chemie, als dies über statische Abbildungen erfolgen würde.

2.5 Apparative Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Medien

Für den Einsatz von Software als Lehr- und Lernmedien im Unterricht sind Computer in der Schule erforderlich. Entweder benötigt man für einen Klassenverband oder einen Chemiekurs den Computerraum der Informatik, um Einzel- oder Partnerarbeit am PC zu ermöglichen, oder einen PC mit angeschlossenem Beamer für die Großprojektion im Chemieraum. Mit dem letzteren Hardwarearrangement lassen sich Multimediatools im Unterrichtsgespräch einsetzen.

Je nach Finanzausstattung der Schulen und der Innovationsbereitschaft der naturwissenschaftlichen Fachkonferenzen ergeben sich deutliche Bandbreiten in der Qualität der Ausstattung.

2.6 Multimedia-Lernen in der Forschung der Lernpsychologie

Die Lernpsychologie hat konkrete Theorien und gesicherte Modellvorstellungen über das Lehren und Lernen mit Multimedia erarbeitet [12][13][14]. Die beiden Haupttheorien sind die „Cognitive Load Theorie“ von Sweller (1988 und 2005) und die „Kognitive Theorie multimedialen Lernens“ von Mayer (1989 und 2005). Diese beiden Theorien wurden von Rey [13] detailliert beschrieben. Seine wissenschaftlichen Arbeiten werden hier mit in den Ausgangsüberlegungen verwendet. Sie beruhen auf umfassenden und vergleichenden Literaturrecherchen und empirischen Studien und wurden von Rey in aktuellen Büchern [13] und über verschiedene Internetportale [14][15] in wissenschaftlicher Form publiziert.

In den folgenden Kapiteln 2.6.1 bis 2.6.4 werden die zentralen Aussagen der beiden Theorien zusammengefasst dargestellt und dann die daraus ableitbaren Gestaltungsempfehlungen für die Erstellung von Multimedia aufgelistet [13].

2.6.1 Cognitive Load Theorie

Die Cognitive Load Theorie basiert auf einem kognitionspsychologischen Erklärungsansatz zum multimedialen Lernen [13]. Als kognitive Strukturen werden ein Arbeitsgedächtnis und ein Langzeitgedächtnis angenommen. Das Langzeitgedächtnis speichert das „gelernte Wissen“. Nach Sweller enthält das Arbeitsgedächtnis die bewussten Informationen [13]. Die Informationen, die dort verarbeitet werden, müssen aus dem Langzeitgedächtnis (Aktivierung von Vorwissen) oder aus dem sensorischen Speicher (neue Informationen z. B. optische oder akustische Wahrnehmungen) bereitgestellt werden.

Für das **Arbeitsgedächtnis** formuliert die Cognitive Load Theorie zwei Beschränkungen:

- Zum einem besteht eine **Begrenzung der Verarbeitungsmenge**. Die Cognitive Load Theorie nimmt an, dass maximal zwei bis vier Elemente zeitgleich kombiniert, kontrastiert oder manipuliert werden können.
- Die zweite Beschränkung ist eine **zeitliche Begrenzung**. Empirische Untersuchungen zeigen, dass die Inhalte des Arbeitspeichers nach ca. 20 - 30 Sekunden verloren sind, wenn Informationen nicht wiederholt werden. Bei der Gestaltung von Lernmaterialien sollten diese Beschränkungen berücksichtigt werden.

Das eigentliche „Lernen“ vollzieht sich nach diesem Theoriegebäude in der Ausbildung und Speicherung von automatisierten **Schemata**. Unter solchen Schemata werden kognitive Konstrukte verstanden, mit denen Wissen organisiert und letztlich gespeichert wird.

Werden Lernende mit konkreten Aufgaben konfrontiert, so werden bei den Experten (erfahrene Lerner mit geeignetem Vorwissen) die Aufgaben den Bedingungen vorhandener Schemata mehr entsprechen und folglich automatisiert gespeichert werden. Bei den „Novizen“ (noch unerfahrene Lerner ohne Vorwissen zu den gegebenen Aufgaben) müssen entsprechende Schemata erst ausgebildet werden. Beide Lernergruppen unterscheiden sich in ihrem Leistungsstand.

Bei der Erstellung von Lernmaterialien muss deshalb das Ziel verfolgt werden, die Lernmaterialien so zu gestalten, dass im Sinne der Cognitive Load Theorie die

Ausbildung von Schemata (kognitive Konstrukte) und deren Automatisierung möglichst effektiv erfolgen.

Beim Lernen unterscheidet man drei Arten kognitiver Belastungen:

- die **intrinsische Belastung**, die sich auf das Lernmaterial und auf die enthaltenen Interaktionen der Lernelemente bezieht (Schwierigkeit, Komplexität der Aufgabe / Anzahl der Verknüpfungen: wenige aufeinanderfolgend oder viele simultan);
- die **extrinsische Belastung**, die lernirrelevante kognitive Belastung, die sich auf die Darbietungsart (leicht / schwer durch überflüssige Informationen, Wiederholungen, viele Verweise u. a.) bezieht;
- die **lernbezogene, lernrelevante Belastung**, die die mentale Anstrengung des Lerners gemäß der Anforderung der jeweiligen Aufgabe kennzeichnet. Sie ist für die Konstruktion und Automatisierung von Schemata ins Langzeitgedächtnis erforderlich und schlägt sich in der Lernleistung nieder.

Die Cognitive Load Theorie verweist im Hinblick auf die Entwicklung von Lernmaterialien auf die Vorstellung „weniger ist mehr“. Die extrinsische Belastung soll möglichst klein sein, die lernbezogene möglichst hoch, um die Konstruktion von Schemata und die automatisierte Speicherung zu unterstützen.

2.6.2 Kognitive Theorie multimedialen Lernens

Der Theorie liegen drei Annahmen zugrunde [13].

Die erste Annahme bezieht sich auf die Informationsverarbeitung, die sich in Bezug auf den **Input von Informationen zweier Kanäle** bedient. Der visuelle Kanal vermittelt die bildhaften Sinneseindrücke und der akustische Kanal transportiert die auditiven Informationen.

Lernende können die über einem Kanal dargestellten Informationen zur Weiterverarbeitung in den anderen transformieren. Bei der Erstellung von Lernmaterialien sollten beide Kanäle für die Informationsverarbeitung aktiviert werden.

Die zweite Annahme bezieht sich auf die **begrenzte Kapazität**, mit der sich Informationen in den beiden Kanälen des Arbeitsgedächtnisses verarbeiten lassen. In

der kognitiven Theorie multimedialen Lernens wird keine konkrete Angabe darüber gemacht, wie viele Lernelemente parallel verarbeitet werden können. Aus dieser zweiten Annahme heraus sollte jedoch für die Planung von Lernmaterialien der Auftrag abgeleitet werden, nicht zu viele Lernelemente zu kombinieren, um kognitive Überlastungen zu vermeiden.

Die dritte Annahme bezieht sich auf eine **aktive Informationsverarbeitung**. Nach Mayer müssen sich Lernende aktiv mit dem Lernmaterial beschäftigen, um eine zusammenhängende Repräsentation der Lerninhalte im Gedächtnis zu erreichen. Diese Vorstellung weist damit auf eine aktive Wissenskonstruktion hin. Um das zu erreichen, sind Strategien zur Entwicklung solcher Konstrukte erforderlich. Zum Beispiel müssen Kausalketten, Vergleiche von Lernelementen, Hierarchien oder Kerngedanken mental konstruiert werden.

Aus diesen Annahmen heraus ergibt sich für die Erstellung von Lernmaterialien die Forderung nach kohärenten Anordnungen von Lernelementen und geeigneten Anleitungen, solche Wissenskonstrukte durch das Multimedialernen zu entwickeln.

In der kognitiven Theorie multimedialen Lernens werden **drei Gedächtnisspeicher** unterschieden: der sensorische Speicher, das Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis [13]. Das Zusammenwirken stellt man sich funktionell wie folgt vor:

Im **sensorischen Speicher** werden die über Augen und Ohren aufgenommenen Bilder oder Wörter **kurzzeitig präsent gespeichert**. Dazu gehören auch dynamische Visualisierungen.

Die Verarbeitung dieser Informationen erfolgt im Arbeitsgedächtnis. Hier finden Transformationsprozesse des Rohmaterials (Bilder / Töne) statt. So kann aus einem gehörten oder gelesenen Begriff, z. B. der Name eines Gerätes, das entsprechende Bild des Gerätes mental generiert werden.

Die kognitive Verarbeitung aller Informationen im **Arbeitsgedächtnis** führt somit zu verbalen oder bildhaften (pictoralen) **mental Modellen** [13]. Dabei wird in diese Verarbeitung Vorwissen (bereits gelerntes Wissen) integriert, welches im Langzeitgedächtnis aktiviert und dem Arbeitsgedächtnis zur Verfügung gestellt werden muss.

Für den Lernprozess unterscheidet die kognitive Theorie multimedialen Lernens **fünf kognitive Prozesse** [13]:

- (1) die Auswahl von Wörtern,
- (2) die Auswahl von Bildern,
- (3) die Organisation von Wörtern,
- (4) die Organisation von Bildern,
- (5) die Integration.

In den ersten beiden Prozessen geht es um die Fokussierung der Lernenden auf relevante Wörter bzw. Bilder. Bei diesen Auswahlvorgängen entstehen erste auditive (ggfs. durch Transformation aus Text generiert) und visuelle Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis.

Im 3. und 4. Prozess erfolgt die Verknüpfung von Wörtern bzw. Bildern zu kohärenten, verbalen und bildhaften Modellen, soweit dies durch die oben erwähnte begrenzte Kapazität möglich ist. Wenige und klar erkennbare Lernelemente in Lernmaterialien sind deshalb für die Konstruktion einfacher verbaler oder visueller Modelle förderlich.

Die **Integration** bezeichnet den fünften Prozess, in dem die beiden generierten **mentalen Modelle** mit dem **Vorwissen** der Lernenden verknüpft werden. Nach Mayer ist das der wahrscheinlich entscheidende Prozess beim multimedialen Lernen [13]. Um der kognitiven Überlastung durch neue Informationen entgegenzuwirken, ist gerade die Bereitstellung des Vorwissens von großer Bedeutung. Das in diesem Integrationsprozess entstandene Wissen wird dem bisherigen Vorwissen im **Langzeitgedächtnis** angegliedert.

2.6.3 Gemeinsamkeiten beider Theorien in Bezug auf Lernmaterialien

Beide Theorien verfolgen den eingangs erwähnten Gedanken von „weniger ist mehr“ („less is more“) [13]. Diese Zielvorstellungen basieren auf der Tatsache der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und der sich daraus ergebenden möglichen kognitiven Überlastungen.

Beiden Theorien liegt die Zurückweisung von Konzepten zum entdeckenden Lernen (discovery learning) zugrunde [13]. Nach Mayer wird ein direktives Vorgehen bei der multimedialen Wissensvermittlung gefordert [13]. Als Begründung für direkte Vorgehensweisen in Lernmaterialien wird eine Begünstigung der Entwicklung pictoraler und verbaler Modelle angesehen.

Aus beiden Theorien lassen sich Empfehlungen für die Gestaltung multimedialer Lernmaterialien ableiten. Sie sind im folgenden Kapitel zusammengestellt. Ergänzend liefern jüngere (neuere) Theorien Diskussionsansätze zu motivationalen, affektiven und metakognitiven Gesichtspunkten multimedialen Lernens [13], die in den beiden hier vorgestellten Haupttheorien offengehalten sind.

2.6.4 Gestaltungsempfehlungen (Designempfehlungen)

Rey unterscheidet die Begriffe „Gestaltungsempfehlung“ und „Gebrauchstauglichkeit“ (usability). Letzterer wird als Synonym zum Begriff „Benutzerfreundlichkeit“ dargestellt [13]. Die Gebrauchstauglichkeit beschreibt nach Rey, wie effektiv und effizient ein Lernmedium in einem bestimmten Kontext zielgerichtet eingesetzt werden kann.

Der Begriff Benutzerfreundlichkeit soll jedoch in dieser Arbeit mit einer anderen Bedeutung verstanden werden. Die Benutzerfreundlichkeit soll als Bedienerfreundlichkeit die Bedienung und die Bedienelemente innerhalb der Navigation kennzeichnen und bewerten.

Die Gestaltungsempfehlungen oder Designempfehlungen konzentrieren sich auf den Lernprozess selbst, indem sie beschreiben, wie mit Lernelementen Fachinhalte besonders lernförderlich im Lernmaterial organisiert werden sollten. Die folgende Aufstellung gibt wesentliche Empfehlungen zusammengestellt von Rey [13] wieder:

- ❖ Bei Textdarstellungen sollten bestimmte Reduktionen beachtet werden, um die kognitiven Prozesse der Lernenden nicht zu überlasten, die extrinsische Cognitive Load möglichst gering zu halten und damit die Konstruktion und Automatisierung von Schemata zu begünstigen:
 - Texte sollten so einfach wie möglich verfasst werden.
 - Texte sollten kurz sein und geläufige und anschauliche Wörter beinhalten.

-
- Komplizierte Darstellungen sollten vermieden werden.
 - Das Personalisierungsprinzip sollte verwendet werden, in dem man den Lernenden direkt anspricht („du“ statt „man“).
 - Gesprochene Texte sollten mit gewöhnlicher Betonung ausgesprochen werden.
 - Texte sollten in sinnvoller und nachvollziehbarer Reihenfolge positioniert werden.
 - Texte sollten sinnvoll gegliedert und mit geeigneten Überschriften auch äußerlich gegliedert werden.
 - Die Integration anregender Zusätze, die für das Verständnis des eigentlichen Lernstoffes entbehrlich sind, sollten vorab genau auf ihre Tauglichkeit hin geprüft werden.
- ❖ Bei der Verwendung von Bildmaterial können die folgenden Überlegungen helfen :
- Signalisierungen wie z. B. Pfeile oder Hervorhebungen können eine lernfördernde Wirkung haben.
 - Beschriftungen sollten sich möglichst in unmittelbarer Nähe des Bildes befinden (physikalische Integration; Kontiguitätsprinzip).
Dadurch wird der so genannte „Effekt der geteilten Aufmerksamkeit vermieden (Split-Attention-Effekt).
Die lernförderliche Wirkung wird begründet durch:
 - die Reduktion der extrinsischen Cognitive Load, (Begünstigung der mentalen Integration),
 - die Erhöhung der lernbezogenen Cognitive Load
 - die Vermeidung der visuellen Suche; denn durch die räumliche Nähe von korrespondierenden Wörtern und Bildern wird ein tieferes Verständnis geschaffen und ein Hin- und Herspringen vermieden.
- ❖ Die Verknüpfung von Bildern und gesprochenen Informationen haben eine lernförderliche Wirkung [13]. Man spricht vom Modalitätseffekt. Empirische Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass der Modalitätseffekt nur bei hoher

Elementinteraktivität eine Rolle spielt. Er gilt nicht für Anwendungen, bei denen die Lernenden die Geschwindigkeit selbst steuern können.

- ❖ Nach der Cognitive Load Theorie und der kognitiven Theorie multimedialen Lernens sollen dekorative Bilder vermieden werden, da sie das Arbeitsgedächtnis zu stark belasten und die kognitiven Ressourcen der Lernenden reduzieren. Dagegen sprechen positive motivationale und emotionale Auswirkungen, z. B. durch interessante, abwechslungsreiche und ansprechende Gestaltungen.
- ❖ Für Animationen werden folgende Empfehlungen gegeben [13]:
 - Bei vertonten Animationen spricht Mayer vom zeitgleichen Kontiguitätsprinzip. Dieses sagt aus, dass die gesprochenen Informationen zeitgleich zur Animation realisiert werden sollten. Dies führt zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses.
 - Die kognitive Theorie multimedialen Lernens fordert in dynamischen Visualisierungen die Einhaltung des Sequenzierungsprinzips. Durch die Gliederung einer Animation in lerngerechte Abschnitte wird eine lernförderliche Wirkung erzielt.
 - Bei Simulationsanimationen sollte ein angeleitetes Lernen erfolgen (guided learning).

Rey resümiert, dass jeder Multimediaentwickler ggfs. Kompromisse oder auch Entscheidungen gegen diese Prinzipien treffen muss.

2.7 Zielsetzung

Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist, Multimediasoftware in Form verschiedener Lehr- und Lerntools nach didaktisch-methodischen Gesichtspunkten und unter Berücksichtigung lernpsychologischer Empfehlungen für den Chemieunterricht zu entwickeln, über das Internet zu publizieren und über Feedback mit den Nutzern zu evaluieren. Eine derartige Vorgehensweise eröffnet ein permanentes Qualitätsmanagement. Durch diese öffentliche, didaktisch-methodische Diskussion initiiert, werden zum einen notwendige Korrekturen durchgeführt und kleine Ergänzungen

zungen oder auch sinnvolle Erweiterungen in bestehende Anwendungen eingearbeitet. Andererseits werden aber auch neue Multimedia-Bausteine visioniert und deren Planung und Entwicklung angestoßen.

Die Multimedia-Materialien sind zu einem großen Teil zweisprachig (Deutsch/Englisch) und stehen über die Grenzen Deutschlands hinaus Lehrerinnen und Lehrern, Schülerinnen und Schülern, aber auch Studentinnen und Studenten zum Einsatz in der Schule und zu Hause als Lehr- und Lernmedien zur Verfügung. Kurzbeschreibungen bzw. Kommentare im Internetportal vermitteln Vorstellungen zum Unterrichtseinsatz. Sie enthalten gleichzeitig Anleitungen zur Steuerung der Lernmedien.

An der Universität dienen die entwickelten Lehr- und Lernbausteine als Lehrmedien und Arbeitsmittel in Vorlesungen und Seminaren für Studenten. Daneben werden sie in der Lehrerfortbildung vorgestellt und diskutiert. Die gewonnenen Erkenntnisse werden durch die Email-Rückmeldungen fachorientierter Gruppen erweitert und in zukünftigen Projekten vergleichsweise schnell berücksichtigt.

3. Forschungs- und Entwicklungsplan

3.1 Umsetzungen didaktischer Modelle in digitale Medien für den Chemieunterricht

Die Entwicklung digitaler internetfähiger Medien setzt zu Beginn die Beantwortung der Fragen voraus: „Was“ soll „wie“ und „für wen“ entwickelt werden?

Die Frage nach dem „Was“ lässt sich mit Hilfe von Schulbüchern klären, wenn man die grundlegenden Schulinhalte berücksichtigen möchte. Schulbücher stellen das Ergebnis der aktuell geltenden Lehrplanentscheidungen dar. Viele chemische Vorgänge in erprobten, anerkannten und vielfach evaluierten Modellvorstellungen, die aber als Arbeitsmaterialien im Unterricht in Form statischer Abbildungen nur unzureichend auf dem ersten Blick verstanden werden können, sind potenziell animationswürdige Inhalte und Kontexte. Dieses Grundverständnis zur Verbesserung der Transparenz bisher in Schulbüchern schwach repräsentierter Modellvorgänge ist die treibende Kraft für die Entwicklung geeigneter Multimedia. Rahmeninhalte könnten z. B. sein: Stoffe und Eigenschaften, Teilchenmodelle zu Reaktionen, Modelle zum Aufbau der Materie, Bindungsmodelle, elektrochemische Vorgänge, Messmethoden und Funktionen von Messgeräten, aber auch innovative Inhalte, die aus der aktuellen Forschung heraus sichtbar werden, und vieles mehr. Vor einem jeden Projekt ist es notwendig, eine genaue Beschreibung über die ausgewählten Inhalte, die digital aufgearbeitet werden sollen, anzufertigen.

Bei der zweiten Frage „Wie sollen digitale Medien erstellt werden?“, geht es zunächst um die Auswahl einer geeigneten Entwicklungsumgebung, mit der internetfähige Multimediabausteine erstellt werden können. Sie muss bestimmten festzulegenden Bedürfnissen der EDV-Entwickler und der Anwender des Produkts - den Lehrenden und Lernenden - genügen. Damit einhergehend muss geklärt werden, welche technischen Voraussetzungen für die Realisierung erforderlich und im Rahmen des Gesamtprojektes machbar sind.

Des Weiteren soll der Überlegung nachgegangen werden, für welche Zielgruppe oder für welche verschiedenen Zielgruppen konkrete Multimediabausteine erstellt werden sollen. Dahinter verbergen sich verschiedene Jahrgangsstufen der Se-

kundarstufe I und II in der Schule oder auch bestimmte Semester in der Universität. Es ist durchaus möglich, eine für den Unterricht in der SI z. B. in der Elektrochemie erstellte Animation auch in der Oberstufe zumindest als Einstieg oder zur Wiederholung zu verwenden. Die Zielgruppenvorgabe bestimmt die inhaltliche Tiefe, die Begriffsebene, die Medienmethodik und die Komplexität der multimedialen Verarbeitung.

3.2 Konzeptionelle Softwareentwicklung – eine unabdingbare Verpflichtung

Die Entwicklung von Software fußt aus der Sicht der Informatik immer auf einem konzeptionellen Vorgehen. Ausgehend von einem Fachkonzept (1) wird ein EDV-Konzept (2) entwickelt, welches dann in die eigentliche EDV-technische Realisierung (3) mündet.

Überträgt man diese Gedanken auf die Entwicklung von Lehr- und Lernsoftware, so müssen zuallererst didaktisch-methodische Konzeptionen in die Fachkonzepte einzelner Lehr- und Lernbausteine übertragen werden. Dazu gehören:

- Auswahl und Konkretisierung des Inhalts, des Kontextes
- Zielgruppenfestlegung
- Formulierung eines Themas, eines Teilthemas oder einer Fragestellung
- Inhaltliche, begriffliche Abgrenzung (Umfangbegrenzung)
- Beschreibung der didaktisch-methodischen Zusammenhänge des Inhalts / des Kontextes
- Festlegung und Beschreibung der inhaltlichen Akzentuierungen
- Charakterisierung der zu entwickelnden digitalen Medien im Hinblick auf die methodische Verwendung im Unterrichtsverlauf
- Festlegung und Erstellung der benötigten Materialien zum Animationsgegenstand: gezeichnete Abbildungen, Videoclips (gefilmte Versuche), Fotos (Versuche, Stoffe, Alltagskontexte), Versuchsdaten, u. a.

Erst dann wird auf der Basis dieser Fachkonzeption ein EDV-Konzept entwickelt. Dieses gliedert sich in zwei Abschnitte: in die Informationsstruktur und in die Funktionsstruktur. Die Informationsstruktur stellt die Abfolge von Inhalten in den Bildschirmmasken dar. Diese können linear oder vernetzt organisiert sein. Innerhalb der Funktionsstruktur werden die Navigation durch die Inhalte (durch die Informationsstruktur) und die interaktiven Steuerungsmöglichkeiten festgelegt.

Die Einhaltung der Abfolge der Arbeitsschritte vom didaktisch-methodischen Fachkonzept zum EDV-Konzept ist eine unabdingbare Verpflichtung. Nur auf diese Weise wird sichergestellt, dass das entwickelte Medium die beabsichtigten Informationen in einer bestimmten, gewollten Art und Weise transportiert und funktionell wirksam im Unterrichtsprocedere eingesetzt werden kann.

3.3 Softwareentwicklung - Verfahren und Arbeitsschritte

Die EDV-technische Realisierung digitaler Medien beginnt mit dem Aufbau der Informationsstruktur am Bildschirm, dem Prototyping. Dazu ist eine geeignete Programm-Entwicklungsumgebung erforderlich. Die geplanten Funktionen werden sukzessive eingearbeitet. Diese letzten Arbeiten stellen die Programmierschritte mit einer Programmiersprache (HTML, JavaScript, Actionscript) dar.

In zahlreichen Tests werden der Ablauf des Programms und die integrierten Funktionen geprüft und ggfs. wiederholt korrigiert und erneut getestet. Die Präsentation in der Arbeitsgruppe der Chemiedidaktik ergibt in einer ersten „direkten Diskussion“ wertende Aussagen im Sinne einer ersten Evaluation, die unmittelbar korrigierend bzw. ergänzend im aktuellen Projekt berücksichtigt werden können. Tests bzw. die erneute Präsentation in der Arbeitsgruppe werden ggfs. wiederholt durchlaufen.

Abschließend erfolgt die Veröffentlichung und Präsentation der neuen Lehr- und Lernbausteine im Internetportal [26][27]. Hierüber werden verschiedene technische Zugriffsmöglichkeiten bereitgestellt, um unterschiedlichen Browsereinstellungen und Bildschirmformaten entgegenzukommen. Bedienungshinweise und inhaltliche Kommentare runden die Darstellung ab.

3.4 Planmäßige Veröffentlichungen – Basis und Strategien der Evaluation

Die Veröffentlichung der in dieser Studie in Rede stehenden Multimediaprojekte erfolgt über das Internetportal der Chemiedidaktik der Bergischen Universität Wuppertal [26] bzw. über das Internetportal „www.chemie-interaktiv.net“ [27]. Durch den uneingeschränkten Online-Zugriff auf die digitalen Medien und die Download-Möglichkeit von Offline-Versionen wird eine bundesweite und länderübergreifende Erprobung der Lehr- und Lernbausteine eingeleitet und eine „indirekte Diskussion“ angeregt, deren Ergebnisse per Email übermittelt werden können. Diese Rückmeldungen führen zu einem durch elektronische Post geführten freien Meinungs austausch. Fachliche oder didaktisch-methodische Anregungen werden ggfs. in die Lehr- und Lernbausteine nachträglich eingearbeitet oder Alternativen entwickelt. Die Veröffentlichung erfolgt ebenfalls über fachdidaktische Zeitschriften [6][8][9][10][16].

Neben der internetbasierten Präsentation, werden die erstellten Lehr- und Lern-tools im Rahmen der laufenden Lehrveranstaltungen an der Universität in Vorlesungen, Seminaren und Lehrerfortbildungsveranstaltungen eingesetzt.

Im laufenden Lehrbetrieb erhält der Lehrende beim Einsatz eines digitalen Mediums in einer Vorlesung ein unmittelbares Feedback aus dem Verhalten und den Äußerungen der Studentinnen und Studenten. Durch Reflexion seiner eigenen Planung und früheren Erfahrungen aus Lehrveranstaltungen ohne digitale Arbeitsmittel lässt sich deren Effektivität qualitativ und quantitativ abschätzen und bewerten.

Die Erfahrungen aus dem Einsatz der erstellten Medien im eigenen Unterricht und im Unterricht derer, die sich per Email geäußert haben, im Vergleich zu früheren Unterrichtserfahrungen sollen in die Medienmethodik der Medien selbst einfließen. Das kann bei bereits erstellten Medien korrigierend und bei neu zu entwickelnden Medien planerisch bei der Konzepterstellung geschehen. Inhaltliche und methodische, aber auch gestaltungs- und bedienungstechnische Aspekte werden progressiv berücksichtigt. Damit erreichen digitale Medien aus didaktisch-

methodischer Sicht eine möglichst große Eignung und Passgenauigkeit zur Verwendung im artikulierten Unterrichtsgeschehen.

Durch den Aufbau des Internetportals „www.chemie-interaktiv.net“ [27] steht aus der Sicht des Software-Entwicklers eine unabhängige und schnelle Online-Testumgebung bereit, die gleichzeitig als Kreativitätsinstrument zur Strukturierung und Typisierung verschiedener, bereits entwickelter Multimedia dient und bei der Neuentwicklung hilft.

The screenshot shows the homepage of 'Chemie interaktiv'. At the top, there are logos for Heinrich-Heine-Gesamtschule Duisburg, BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL, Bezirksregierung Düsseldorf, and Ministerium für Schule und Weiterbildung. Below these is a dark blue header with 'R.-P. Schmitz', 'Didaktik der Chemie - Prof. Dr. M.W. Tausch', 'Forschungsschwerpunkt Curriculaire Innovation', and 'Projektförderung'. A navigation bar contains links for 'Startseite', 'Chemithemen', 'Methodik-Seminar', 'Biologiethemen', 'Sonstiges', and 'Sitemap'. The main title 'Chemie interaktiv' is on the left, and the URL 'www.chemie-interaktiv.net' and 'BERGISCHE-UNIVERSITÄT WUPPERTAL - Didaktik der Chemie' are on the right. A 'Standort:' indicator shows 'Startseite'. The central graphic is a grid titled 'Wege im Chemie-Unterricht' with various teaching methods like '3D-Moleküle', 'Molekül-Workshop', 'Lernnetz', 'Lernprogramm', 'Flash im Praktikum', 'Flash-Folien und Flash-Infos', 'Interaktive Flash-Animationen und Lerngeschichten', 'Facharbeit', 'PC-Lernen', 'Experiment', 'Arbeitsblatt', 'Elektr. Folie', 'Modell', 'Tafelbild', 'Lehrbuch', 'PC-Lernen Diskussion', 'Einzelarbeit', 'Referat', 'Gruppenarbeit', 'Schülerversuche', 'Unterrichtsgespräch', and 'Gruppenpuzzle'. To the right of the grid is the text 'Multimedia-Bausteine Lehr- und Lerntools für den Chemieunterricht' with a small 3D molecular model icon. At the bottom of the grid, it says 'Bitte wählen Sie die Themen über das Menü aus!'.

Abb. 3: Aktuelles Layout der Startseite zum Internetportal „Chemie-interaktiv.net“ im Juli 2009. Die Navigation erfolgt über die Menüleiste oder die ovalen Schaltflächen in der Grafik.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklung von Multimedia (Lehr- und Lerntools) für den Chemieunterricht unterlag im Rahmen der gesamten Arbeit kontinuierlichen Veränderungen und Variationen. Diese vollzogen sich zum einen in dem Wechsel der Entwicklungsumgebung, zum anderen auch in der Konzeption zur unterrichtlichen Verwendung und im gesamten Arrangement der produzierten Multimediabausteine selbst.

4.1 Hypermedia-Frameworks – Informationssysteme im World-Wide-Web als Basis für die Entwicklung von Lehr- und Lerntools

Durch die Zielsetzung der Internetfähigkeit multimedialer Lehr- und Lerntools waren von Anfang an die typischen Internet-Arrangements, so genannte Hypermedia-Frameworks, als Vorbilder vorgegeben [7]. Hypermedia-Frameworks bestehen im einfachsten Fall aus zwei Rahmen oder Fenstern: einem großen Hauptfenster zum Anzeigen von Informationsseiten und einer meist links davon angeordneten, schmalen Menüleiste mit Auswahlbegriffen. Durch Anklicken der Auswahlbegriffe, wird im Hauptfenster eine neue Informationsseite geladen und angezeigt. Die Begriffsammlung in der Menüleiste stellt das Inhaltsverzeichnis des Informationssystems dar. Toppunkte, Kapitel, Unterkapitel usw. veranschaulichen die Gliederung des jeweiligen Informationssystems. Mit einem derartigen Hypermedia-Framework lassen sich hierarchische, themenbezogene Lernsysteme aufbauen. Im einfachsten Fall ist das Lernsystem ein reines Informationssystem, in welchem die einzelnen Teilinhalte in Text- und Bildform analog zur Buchauf-

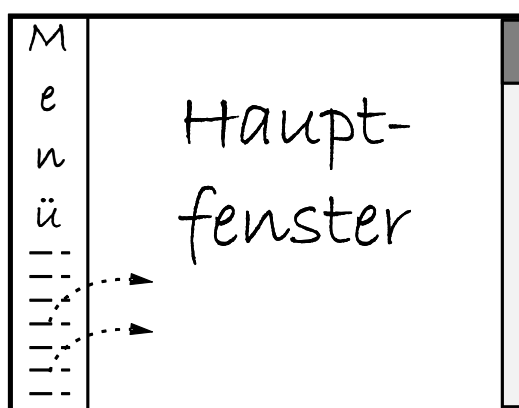


Abb. 4: Typische Hypermedia-Struktur
[Eigenentwicklung]

machung über das Auswahlmü aufgerufen und im Hauptfenster angezeigt werden.

Anwendungen wären z. B. Glossare oder lexikonähnliche Repetitorien, aber auch sachlogisch aufgebaute Gedankengänge zu Unterrichtsinhalten. Derartige Anwendungen sind EDV-technisch leicht mittels eines HTML-Editors oder komfortableren Programmen wie z. B. Dreamweaver [S1] zu erstellen. Das abschließend vollständig verlinkte Hypermedia-Framework wird mit einer Internet-Browser-Software dargestellt.

4.2 Hypermedia-Lernprogramm zum Thema „Stromleitung in Wasser“

4.2.1 Das Basis-Layout der Lernseiten

Als Prototyp eines Hypermedia-Frameworks wurde ein Lernprogramm für die Sekundarstufe I zum Thema „Stromleitung in Wasser“ [6][8] entwickelt. In dieser Anwendung wurde das oben bereits skizzierte Bildschirmlayout verändert. Das Menü wurde als horizontales Menü nach unten an den Bildschirmrand verlegt. Das Hauptfenster erstreckt sich damit über die gesamte Bildschirmbreite.

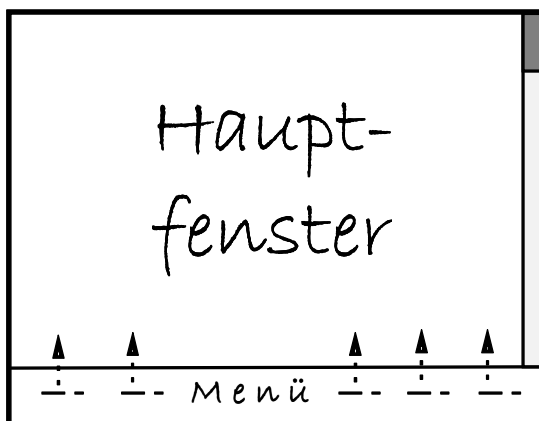


Abb. 5: Gliederung des Bildschirminhalts im Lernprogramm [Eigenentwicklung]

Diese Layoutvariation hat gegenüber der vorher beschriebenen den klaren Vorteil, dass der Fokus der Lernenden auf die Inhalte des aktuellen Lernschritts gerichtet wird und zum eigentlichen Arbeiten mit dem Programm dort auch verweilt. Bei einem seitlich positionierten Menü würde der Lernende durch die listenmäßige bzw. hierarchische Anordnung von Begriffen zum schnellen „Durchklicken“ aufgefordert werden, wodurch die eigentliche Lernarbeit am aktuellen Teilschritt zu kurz käme.

4.2.2 Allgemeine Kennzeichen eines Lernprogramms

In einem Lernprogramm wird - wie der Name andeutet - Lernen in programmierter Form ermöglicht [8]. Darunter versteht man ein „Schritt-für-Schritt-Lernen“. Ein

größerer oder kleinerer Sachzusammenhang wird fachsystematisch und fachmethodisch gegliedert und in eine Folge von Lernschritten in einem Programm verpackt. Lernprogramme sind zum Selbstlernen gedacht. Sie bieten dem Lernenden ein bestimmtes Maß an Steuerungs- und Interaktionsmöglichkeiten, abhängig vom Umfang der entwickelten Funktionen zum Lerngegenstand. Ein wesentliches Charakteristikum eines Lernprogramms ist die tutorielle Begleitung des Lernenden durch das Programm. Vom Lernenden durchgeführte Aktionen werden vom Programm durch Kommentare oder Hinweise belohnt oder es werden ganz bestimmte Verzweigungen im Programm eingeschlagen. Damit wird ggfs. mit mehreren linear organisierten, parallelen Arbeitswegen dem individuellen Lernen entgegengekommen, aber letztlich ein Arbeitsgrobziel avisiert.

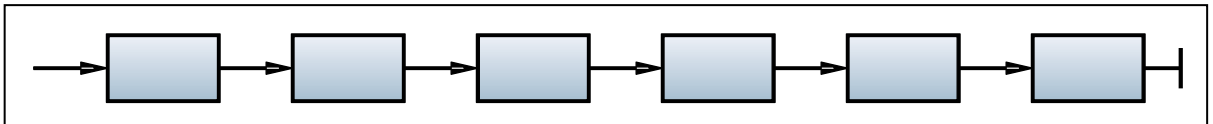


Abb. 6: Einfach lineares Lernprogramm (Hypermedia-Programm – Prototyp: „Stromleitung in Wasser“, vgl. 4.2.3). Linearität der Lernschritte von links nach rechts. [Eigenentwicklung]

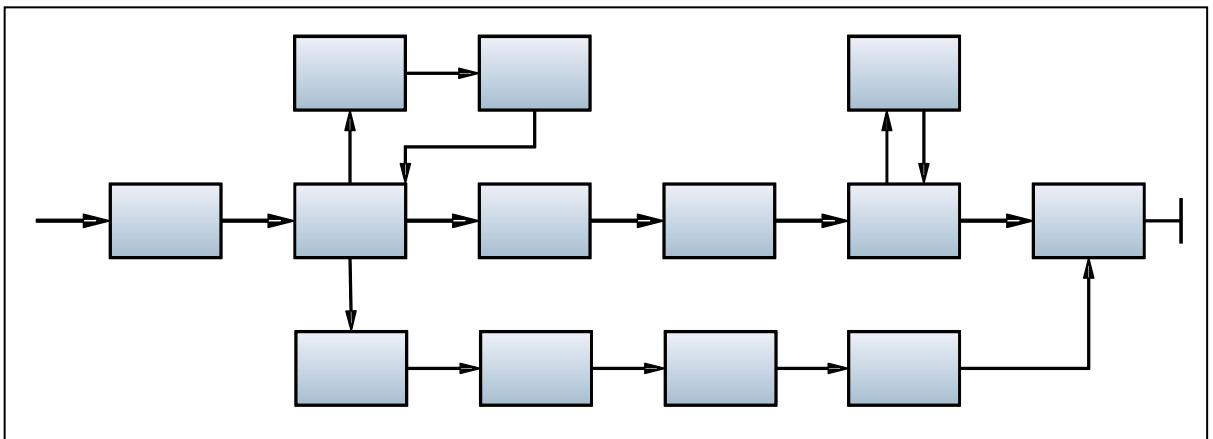


Abb. 7: Lernprogramm mit Lernwegalternative (unten) bzw. Zusatzinformationen (oben). Linearität der Lernschritte von links nach rechts. [Eigenentwicklung]

Ein Lernprogramm informiert mit Texten, Bildern, Animationen, Videos und Vertonungen, stellt aber auch Fragen und fordert zum Mitmachen auf. Multiple-Choice-Tests mit Einfach- oder Mehrfachauswahl und Zuordnungsaufgaben mit Grafiken oder Textbausteinen stellen die wesentlichen Übungs-Arrangements in Lernprogrammen dar.

Inhaltlich und fachmethodisch wird der Nutzer in einem Lernprogramm durch Lernschritte oder Lernlevel geführt und erreicht zum Abschluss des Programms einen gewissen Lernstand, der zum einen durch die sachlogisch vermittelten Inhalte, Kontext, Fachmethoden, Fachbegriffe u. a. charakterisiert und zum anderen durch die Testergebnisse der Übungsaufgaben bewertet werden kann.

4.2.3 Programmtechnische, inhaltliche und methodische Organisation des Hypermedia-Lernprogramms zum Thema „Stromleitung in Wasser“

Das Hypermedia-Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ ist in sechs aufeinanderfolgende „Lernseiten“ gegliedert. Die Aufgabe für den Lernenden ist es, die Lernseiten der Reihe nach durchzuarbeiten. Über Buttons im Menü „springt“ der Lernende zur nächsten Lernseite, wenn er am Ende einer Lernseite vom Programm dazu aufgefordert wird. Aufgrund des dauerhaft sichtbaren Menüs besteht immer auch die Möglichkeit, vorherige, bereits durchgearbeitete Lernseiten erneut aufzurufen und deren Inhalte zu wiederholen.

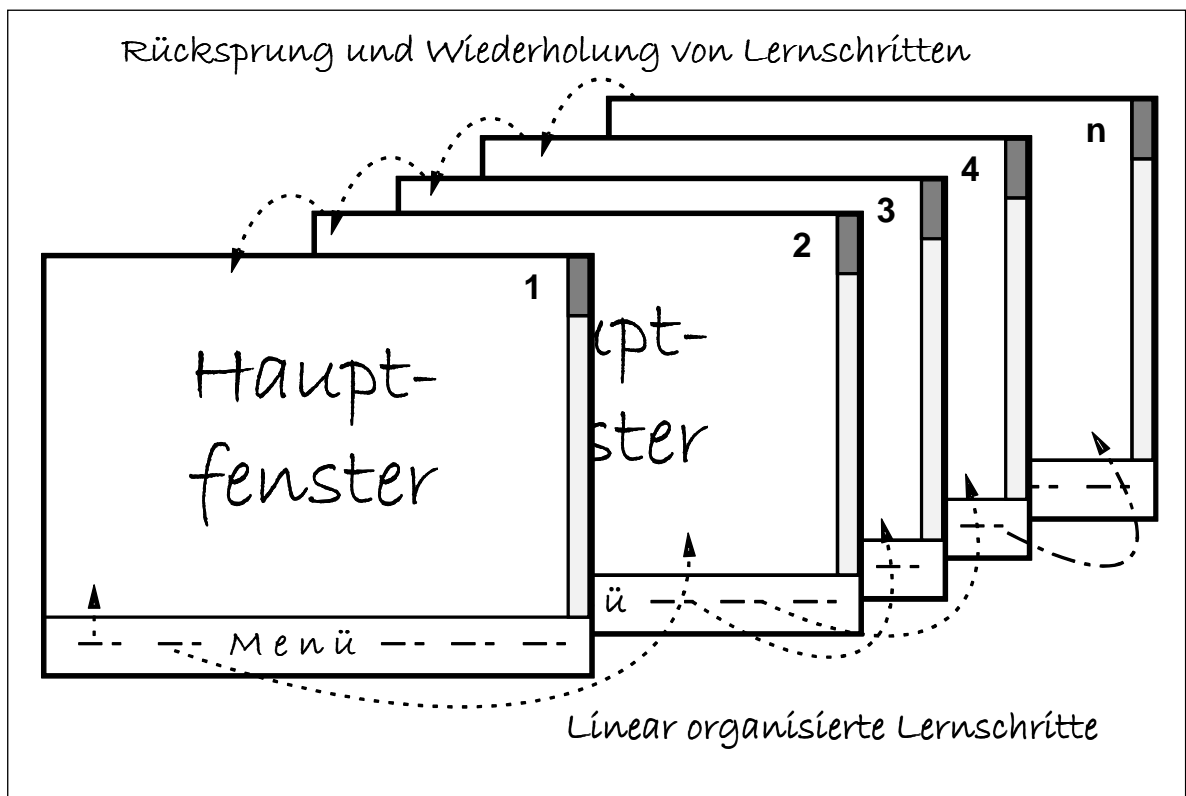


Abb. 8: Die Bausteine des Hypermedia-Lernprogramms „Stromleitung in Wasser“ sind linear miteinander verknüpft. [Eigenentwicklung]

Jede Lernseite wird mit einer Überschrift oder Fragestellung eingeleitet. I. d. R. bestehen die Lernseiten dieses Programms aus 2 bis 4 Abschnitten, die jeweils in sich geschlossene Teilinformationen oder Übungen zur jeweiligen Überschrift bzw. Fragestellung darstellen. Es wurde bei der Programmentwicklung darauf geachtet, dass kein Scrollen notwendig wird. Der Wechsel zwischen den Abschnitten erfolgt über Pfeil-Buttons. Damit wird gewährleistet, dass die Teilinformationen der Abschnitte sukzessive von den Schülerinnen und Schülern nachvollzogen werden.

Auf den Lernseiten stellen Textblöcke, Abbildungen, Animationen oder Videosequenzen die Informationsträger der Teilabschnitte dar. Impulsfragen zu diesen Materialien vermitteln Denkanstöße und setzen bei den Lernenden die individuelle gedankliche Diskussion mit dem Material in Gang.

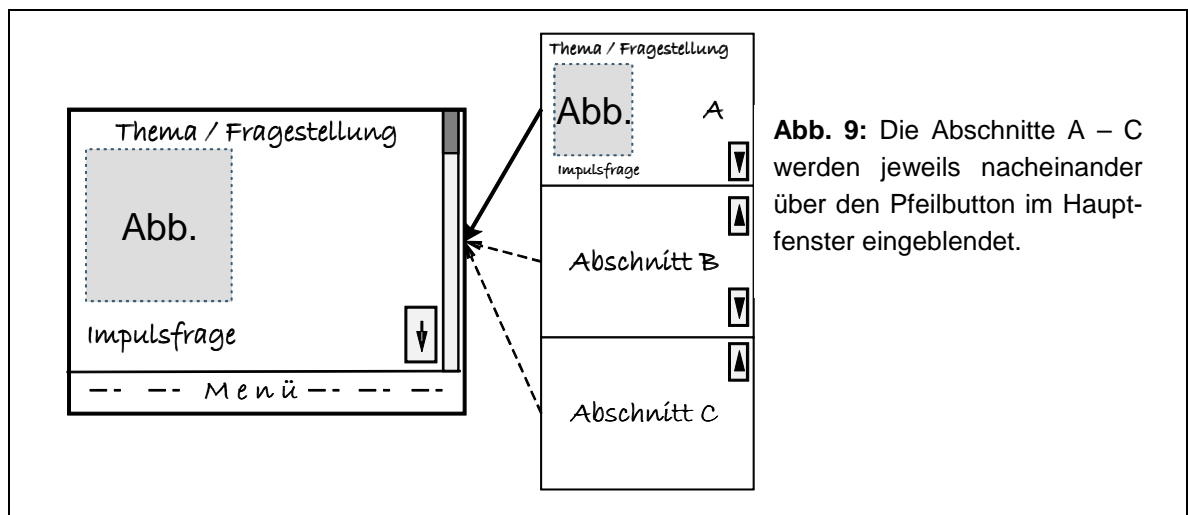


Abb. 9: Die Abschnitte A – C werden jeweils nacheinander über den Pfeilbutton im Hauptfenster eingeblendet.

Das gesamte Programm ist inhaltlich nach dem Prinzip konstruktivistischer Lernzyklen aufgebaut [25]. Ausgehend von Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler wurde ein fachsystematischer und sachlogischer Gedankengang zur Einführung des Ionenbegriffs im Programm fixiert, so wie er auch als Ausschnitt einer Unterrichtsreihe entwickelt werden könnte [22].

Die sich bei den Schülerinnen und Schülern durch die sukzessive Faktenpräsentation aufspannenden kognitiven Gedankenmuster werden in den Aufgabenblöcken aufgefangen und spiegeln sich in vorformulierten wahren und falschen Aussagen wider. Durch Auswahl (Anklicken) der Aussagen bzw. durch Ja-/Nein-Entscheidungen erfahren die Gedankenkonstrukte der Schülerinnen und Schüler eine Bestätigung oder notwendige Korrektur. Das Programm generiert nach dem

Betätigen des Prüfbuttons ein Ergebnisfenster mit entsprechenden Kommentaren, Bewertungen und Begründungen. Für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler wird durch diese Interaktion ein Lernabschnitt abgeschlossen bzw. ein bestimmter Lernlevel erreicht.

Insgesamt bleiben am Ende einer Lernseite Fragen zum Gedankenspiel rund um das gerade durchgearbeitete Material offen, so dass dadurch der Wille zur Weiterarbeit im nächsten Lernschritt (Lernseite) gestärkt wird. Sollte der Inhalt einer Lernseite gedanklich völlig abgeschlossen sein, wird vom Programm in Textform ein Übergang formuliert, der für die Schülerinnen und Schüler durch neue Impulse das Interesse zur Weiterarbeit anstößt und entwickelt.

In der folgenden tabellarischen Übersicht werden die Informationsstruktur (Gliederung des Inhalts), die Materialien und Interaktionen des Lernprogramms (Funktionen) skizziert:

Tabelle 2 (in 6 Teile geteilt): Kurzbeschreibung der 6 Lernseiten [LS=Lernseite]

Lernseite 1: Metalle leiten den elektrischen Strom!		
Didaktisch-methodische Ziele	Material in den Abschnitten der LS	Interaktionen
<ul style="list-style-type: none"> - Alltagserfahrungen aktivieren - Physikalische Zusammenhänge wiederholen - Elektrischer Strom ist von großer Bedeutung im Alltag 	<ul style="list-style-type: none"> - Abb. Überlandleitungen - Animation: Stromleitung in Metallen - Impulsfrage 	Sprung (↖↘↓)
	<ul style="list-style-type: none"> - Abb. elektrische Geräte im Haushalt - Impulsfrage 	Sprung (↖↘↓)
	<ul style="list-style-type: none"> - Multiple-Choice-Aufgaben - Mehrfachauswahl-Aufgaben 	Auswählen (<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>) Prüfen lassen (Button <input type="checkbox"/>) Aufgabenbewertung (Programm) Kommentar (Ausgabe <input type="checkbox"/>)



Provoziertes Gedankenspiel: „Stromleitung in Wasser! Funktioniert das?“



Lernseite 2: Vorsicht: Strom!		
Didaktisch-methodische Ziele	Material in den Abschnitten der LS	Interaktionen
- Gefahren im Umgang mit Elektrogeräten im Zusammenhang mit Wasser bewusst machen	- Zeitungsartikel + Impulsfrage - Abb. Mädchen mit Walkman + Impulsfrage	Sprung (↶↷)
	- Video: Gefährliches Verhalten + Impulsfrage	Start/Stop (↶↷ ⏮⏭⏪⏩)
	- Multiple-Choice-Aufgaben Ja-/Nein-Entscheidungen	Sprung (↶↷) Auswählen (ja <input type="checkbox"/> nein <input checked="" type="checkbox"/> Prüfen lassen (Button <input type="checkbox"/> Aufgabenbewertung (Programm) Kommentar (Ausgabe <input type="checkbox"/>



Provoziertes Gedankenspiel: „Was ist hier so gefährlich? Warum? Wie kann man diese Frage klären? Kann man Experimente durchführen?“



Lernseite 3: Leitet denn nun Wasser wirklich?		
Didaktisch-methodische Ziele	Material in den Abschnitten der LS	Interaktionen
Experimentelle Untersuchungen: V1: Leitet Wasser den elektrischen Strom? V2: Leitet eine Kochsalzlösung? V3: Leitet eine Zuckertlösung? V4: Leitet eine Natriumnitratlösung?	- Abb. zu V1 - Video zu V1 - Abb. zu V2 - Video zu V2 - Abb. zu V3 - Video zu V3 - Abb. zu V4 - Video zu V4	Jeweils Aufruf der Videos (<input type="checkbox"/> Start/Stop (↶↷ ⏮⏭⏪⏩)
	- Multiple-Choice-Aufgaben a) Mehrfachauswahl b) Klappfenster - Eingabetext	Sprung (↶↷) Auswählen (<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> []) Prüfen lassen (Button <input type="checkbox"/> Aufgabenbewertung (Programm) Kommentar (Ausgabe <input type="checkbox"/>
Überleitung zur nächsten Lernseite vom Programm vorgegeben.		



Provoziertes Gedankenspiel: „Warum leitet die eine Lösung, die andere aber nicht? Wie funktioniert die Stromleitung in Wasser? Gibt es weitere Experimente, die genauere Erkenntnisse liefern?“



Lernseite 4: Gelöste Teilchen unter Strom! Eine Elektrolyse.		
Didaktisch-methodische Ziele	Material in den Abschnitten der LS	Interaktionen
Experiment: - Elektrolyse von Zinkiodid - Beschreibung des Versuchs - Entwickeln von Hypothesen Formulierung von Begründungen Beurteilung von Hypothesen - Einführung des Ionenbegriffs und Definition	- Versuchsbeschreibung - Abb. zum Versuch - Video zum Versuch	Aufruf der Videos (<input type="checkbox"/>) Start/Stop (↵ ⏪ ⏩ ⏹) Sprung (↵↕)
	- Interaktiver Lückentext	Zuordnungen durchführen (drag, drop ↵ ⚡) Prüfen lassen (Button <input type="checkbox"/>) Aufgabenbewertung (Programm) Kommentar (Ausgabe <input type="checkbox"/>)
	- interaktive Hypothesenbildung	Sprung (↵↕) Auswahl (↵ ⚡) Bestätigung oder Verneinung (ja nein)
Überleitung zur nächsten Lernseite vom Programm vorgegeben.		



*Provoziertes Gedankenspiel: „Wie gelangen die Ionen zu den Elektroden?
Kann man das experimentell genauer untersuchen?“*



Lernseite 5: Salzteilchen unter Strom!		
Didaktisch-methodische Ziele	Material in den Abschnitten der LS	Interaktionen
Experiment: - Ionenwanderung. Lösung mit Kaliumdichromat und Kupfer- sulfat - Beschreibung des Versuchs	- Versuchsbeschreibung - Abb. zum Versuch - Video zum Versuch - Information zu den verwendeten Stoffen	Aufruf der Videos Start/Stop (↵ ⏪ ⏩ ⏹) Versuchsbeschreibung einblenden (<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>) Sprung (↵↕)
	- Interaktiver Lückentext	Zuordnungen durchführen (↵ ⚡ [.....]) Prüfen lassen (Button <input type="checkbox"/>) Aufgabenbewertung (Programmscript) Kommentar (Ausgabe <input type="checkbox"/>)

Das Ende des Lernprogramms ist erreicht.



*Provoziertes Gedankenspiel: „Sind sämtliche Zusammenhänge verstanden wor-
den oder sollten einige Lernseiten wiederholt werden? Können jetzt schon weitere*

4.2.4 Hypermedia-Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ in der didaktischen Diskussion

Das Lernprogramm wurde unmittelbar nach der Fertigstellung im Internet über die Homepage der Chemiedidaktik bzw. Chemie-interaktiv [26][27] veröffentlicht. Daneben wurde es auf mehreren Lehrerfortbildungsveranstaltungen [vgl. 4.9.4], z. T. mit selbstständigen Übungen, und auf einem Didaktik-Colloquium der Universität Essen vorgestellt. Die Rückmeldungen per Email bzw. die unmittelbar in den Diskussionen geäußerte Kritik stellten unterschiedliche Interessen und Ansatzpunkte für weitere Diskussionen heraus.

Der Kreis der Lehrerkolleginnen und Lehrerkollegen sowie die Schülerinnen und Schüler mehrerer Schulklassen äußerten sich spontan positiv über die Bereicherung durch eine solche multimediale Lernumgebung zu Inhalten des Chemieunterrichts. Selbstständiges Lernen mit dem PC zur Wiederholung und zur Übung von Unterrichtsinhalten wurde als eine sinnvolle multimediale Lernalternative eingestuft, mit der Schülerinnen und Schüler im Computerzeitalter unterrichtsrelevante Inhalte auch unterrichtsbegleitend bearbeiten können. Das Interesse der Kolleginnen und Kollegen zeigte sich unmittelbar darin, dass auch nach der Lehrerfortbildung viele Anfragen nach Zusendung einer CD-Rom eintrafen. Per Email wurden ebenfalls Anregungen nach weiteren, entsprechend multimedial aufbereiteten Themen mitgeteilt. Dadurch signalisierten viele andere Lehrerkolleginnen und –kollegen, dass eine grundsätzliche Akzeptanz digitaler Unterrichtsmedien innerhalb der interessierten und digital erfahrenen Lehrerschaft vorhanden ist.

Kritik gegen derartige Lernprogramme, wie das Hypermedia-Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“, wurde von Vertretern der Chemiedidaktik der Universität Essen dahingehend geäußert, dass durch die schrittweise aufbereiteten Inhalte von zwingend linear abzuarbeitenden Lernseiten eine zu starke Gängelung der Lernenden bewirkt wird und zu wenig Selbstständigkeit beim Lernen und Entscheiden übriggelassen wird [FB2].

Linearisierung und Programmsteuerung sind aber die grundsätzlichen Eigenschaften programmierten Lernens (vgl. Abb.6). Das vorliegende Hypermedia-Lernprogramm (vgl. Tabelle 2) ist als erster Prototyp eines Hypermedia-Pro-

gramms mit insgesamt nur 6 Lernseiten (jede mit 2-4 Lernabschnitten) nicht umfangreich und bietet (noch) keine alternativen Lernwege mit Lernschrittvarianten an (vgl. Abb.7). Die angetragene Kritik ist insofern berechtigt, als sie darauf aufmerksam macht, dass individuell entscheidbare Alternativen im Voranschreiten z. B. aufgrund eines unterschiedlichen individuellen Lernverständnisses oder aufgrund verschiedener Lernvoraussetzungen nicht vom Programm her vorgesehen sind und durch parallele Lernlinien unterschiedlicher Schwierigkeit aufgefangen werden können.

Das wesentliche Kennzeichen eines Lernprogramms, unabhängig vom Komplexitätsgrad und Freiheitsgrad der Anwender mit einer oder mehreren parallelen Lernlinien, ist und bleibt aber die tutorielle Begleitung und Lenkung des Lernenden in Richtung auf das zentrale bzw. die zentralen Lernziele des Lernprogramms. Versteht man in der geäußerten Kritik gerade den Verzicht auf diese wesentliche Eigenschaft der „stufenweisen Lenkung“, so liegt kein Lernprogramm im Sinne eines programmierten Lernens mehr vor.

Wird die Steuerung durch das Programm im Extremfall völlig aufgegeben, bleibt dem Programm nur die Funktion des Prüfens von Eingaben. In einer solchen „ungelenkten, aber linkreichen Lernumgebung“ hat der Lerner natürlich alle Freiheiten zum individuellen „Springen“ zwischen den Lernseiten. Der gedankliche Leitfadens des Programmautors, der die Lernumgebung auf dem Hintergrund einer inhaltlichen und fachmethodischen Logik aufgebaut hat, bleibt ohne die tutorielle Steuerung durch das Programm dem Lernenden verborgen. Es bleibt also vom Zufall abhängig, ob der Lernende ihn in dem geplanten und zur Verfügung stehenden Zeitrahmen entdeckt und zielstrebig verfolgt. Nur dann aber werden die zentralen Lernziele in der beabsichtigten Tiefe vollständig erreicht werden.

Die freie Beweglichkeit durch die beliebige Auswahl der nächsten Lernschritte kann deshalb im vorgegebenen begrenzten Zeitraum (1-2 Schulstunden) auch zu lückenhaften und aufgrund fehlender, noch nicht gefundener kausaler Beziehungen zu inkorrekten Gedankenmustern führen. Lückenhafte Einsicht in die experimentelle Abfolge, diffuses „Hin- und Herspringen“ zwischen Modell und Realexperiment werden bei den Lernenden die Mängel in der begrifflichen Exaktheit begünstigen. Insofern bleibt die frühere Aussage der Essener Kollegen, eine unge-

lenkte Lernumgebung würde die Stärken und Schwächen bei den Schülerinnen und Schülern aufgrund der freien selbstbestimmten Navigation adäquat fördern, eine These.

Die Anzahl der Online-Zugriffe auf das Webportal „Chemie-interaktiv.net“ zeigen beim Vergleich des Lernprogramms mit dem später entwickelten Lernnetz (vgl. 4.3) das Gegenteil, nämlich einen klaren Vorsprung für das Lernprogramm.

Auf einer Lehrerfortbildung in Paderborn [FB8] haben Lehrer am PC das Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ und das Lernnetz „Synthese von Natriumchlorid“ (vgl. 4.3) getestet. Das Lernprogramm wurde in einem Zeitrahmen von zwei Stunden systematisch durchgearbeitet; die Arbeit mit dem Lernnetz war schon nach kurzer Zeit (1/2 Stunde) scheinbar beendet. Die Kolleginnen und Kollegen klickten sich kreuz und quer durch das Programm. In der nachfolgenden Diskussion war man sich darüber einig, dass das Lernnetz nur durch vorweg erteilte, ganz gezielte Aufgabenstellungen mit schriftlichen Orientierungshinweisen oder Schemata zum Programm im Unterricht einigermaßen sinnvoll eingesetzt werden kann. Da sich Schüler und Schülerinnen in einem Lernnetz Inhalte „zusammensuchen“ müssen, werden im Plenum die Sortierung und Kanalisierung der Schülereindrücke im Hinblick auf Zusammenhänge und kausale Verknüpfungen zwingend notwendig werden. Hierfür muss ggfs. ein großer Nachbearbeitungsaufwand im Unterrichtsgespräch eingeplant werden.

4.3 Hypermedia-Lernnetz zum Thema „Synthese von Natriumchlorid“

Um die Anregungen aus der Kritik an einfach linearen Lernprogrammen nach mehr Entscheidungsfreiheit für die Lernenden im Umgang mit einem „Lernprogramm“ entgegenzukommen, wurde ein zweites Hypermedia-Framework entwickelt, bei dem die Lernseiten netzartig miteinander verknüpft sind [8][L50].

4.3.1 Kennzeichen eines Lernnetzes

Das Hypermedia-Framework zum Thema „Synthese von Natriumchlorid“ stellt den Prototyp eines so genannten Lernnetzes dar, mit dem die Lernenden völlig selbstbestimmt zwischen den Lernseiten navigieren können. Eine tutorielle Steuerung, die einen Arbeitsweg zwingend vorgibt, fehlt.

Freie Navigation bedeutet: vielfältige Verzweigungsmöglichkeiten, die abhängig vom „spielerischen“ Neugierverhalten und dem momentanen sachlogischen Vorstellungen des Lernenden eingeschlagen werden. Vielfältige Sprungmöglichkeiten zum jeweils nächsten Lernabschnitt bedeuten: individuelle Entscheidung zum Weitergehen, aber auch zum Zurückgehen und zum Aufsuchen eines anderen Lernabschnitts, wenn sich dieser aktuell als sinnvoller erweist. Damit wird das lernereigene Gedankenkonstrukt erweitert und durch neue Informationen bereichert, vorausgesetzt, der Lerner kann die neue Information mit der bisherigen selbstständig verknüpfen. Das Fortschreiten im Lernen wird selbstbestimmt im vorgegebenen Rahmen des Programms. Damit bleiben aber Fragen bezüglich der Effektivität des Lernens mit dem Lernnetz und Fragen nach der Unterrichtseignung noch offen (vgl. 4.2.4).

4.3.2 Technische, inhaltliche und methodische Organisation des Hypermedia-Lernnetzes „Synthese von Natriumchlorid“

Die einzelnen Lernseiten sind ähnlich denen des Lernprogramms strukturiert und aufgebaut. Textinformationen, Abbildungen, Videoclips und interaktive Aufgaben wie Multiple-Choice-Tests und Lückentexte bilden die Design-Elemente der Lernseiten. Zusätzlich wurden fünf Flash-Animationen integriert.

Anders als beim linearen Lernprogramm besitzt das Lernnetz eine netzartig verlinkte Struktur. Eine Lernseite bildet den inhaltlichen Einstieg (Eröffnungsseite) in das Programmthema „Die Synthese von Natriumchlorid aus den Elementen“. Die Vorstellung der elementaren Stoffe Natrium und Chlor führt dann zum Experiment im Videoclip. Von hier aus verzweigt der Lernende selbstständig zum nächsten Lernschritt und erschließt sich unbekannte, neue Informationen über die Stoffe und ihre Eigenschaften, den Versuch, die besonderen Geräte, aber auch über Beschreibungen in interaktiven Übungen und Erklärungen in Trickfilmen.

Die in den Lernschritten an Grafiken oder Texten verankerte Navigation wird durch zentrale Steuerungsmöglichkeiten ergänzt. Eine „Navigationsliste“, eine „Navigationslandkarte“ und eine „A bis Z-Liste“ liefern unterschiedliche Zugangsmöglichkeiten zu den Lernseiten. Es sind Übersichten, die zum direkten Aufruf konkreter Seiten z. B. zu Wiederholungszwecken genutzt werden können.

Inhaltlich fußt dieses Lernnetz auf drei zentralen Lernpfeilern: dem Experiment im Videoclip, der Analyse der Beobachtungen und der modellthematischen Erklärung des Versuchs. Diese Lernpfeiler repräsentieren und verankern die grundsätzliche naturwissenschaftliche Vorgehensweise „vom Experiment über die Beschreibung und Analyse zur Erklärung“. Zusatzinformationen über die Stoffe, ihre Eigenschaften, ihr Vorkommen, experimentelle Untersuchung des Reaktionsproduktes, interaktive Lückentexte und die Einstellungen von Reaktionsgleichungen, Animationen zur chemischen Reaktion auf der Teilchenebene und am Schalenmodell ergänzen das zentrale Experiment zur NaCl-Synthese.

Die folgende Grafik zeigt die „Landkarte“ der vernetzten Lernseiten, die als bebilderte Navigationshilfe im Lernnetz integriert ist. Die drei Grundpfeiler des Programms „Experiment, Analyse der Beobachtungen und Erklärung“ sind zentral angeordnet.

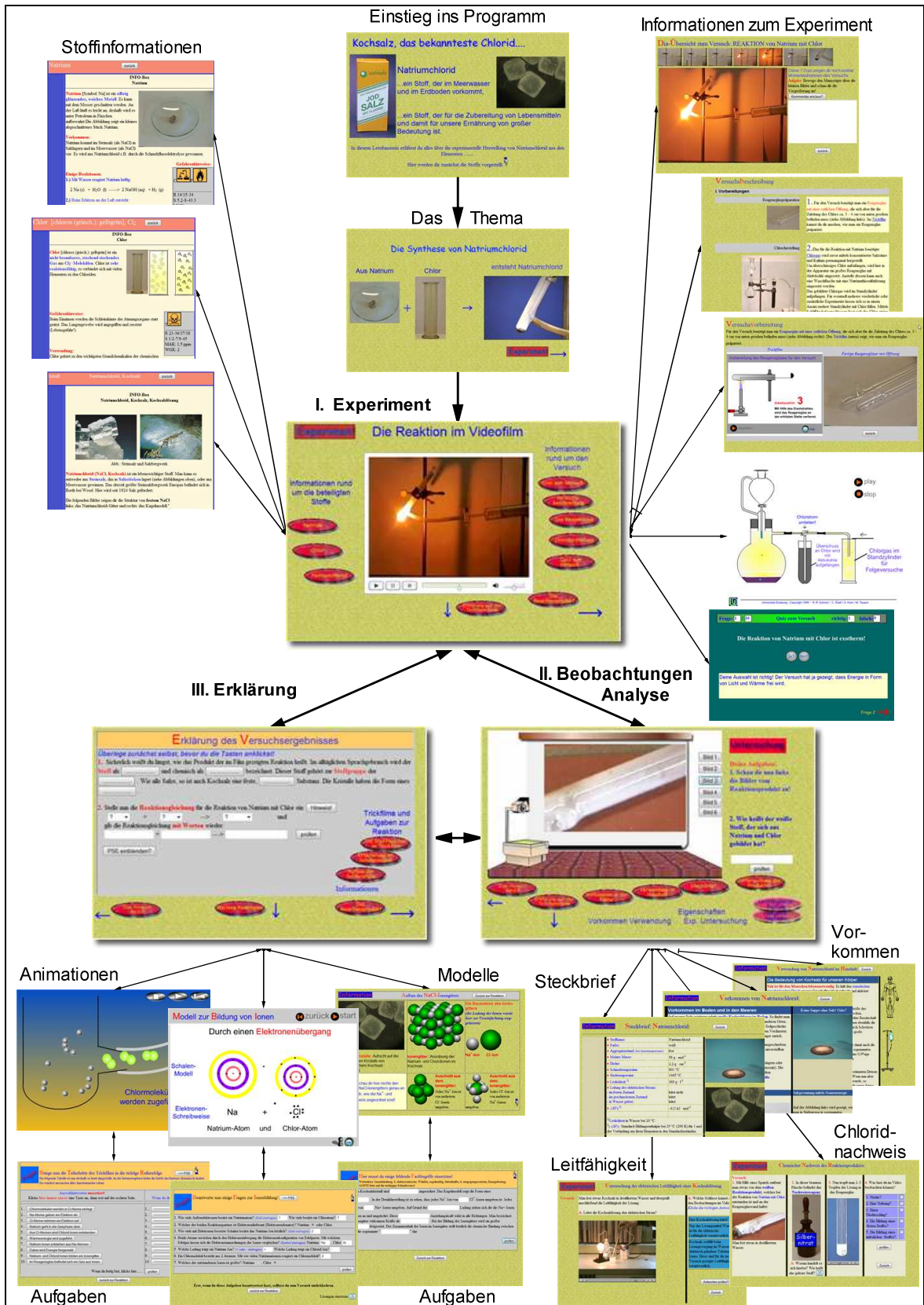


Abb 10: Das Lernetz „NaCl-Synthese in der Übersicht (Landkartendarstellung)

In der folgenden Abbildung wird die Informationsstruktur des Lernnetzes in einem Beziehungsdiagramm veranschaulicht. Die Pfeile geben die wählbaren „Wege“ im Netz an.

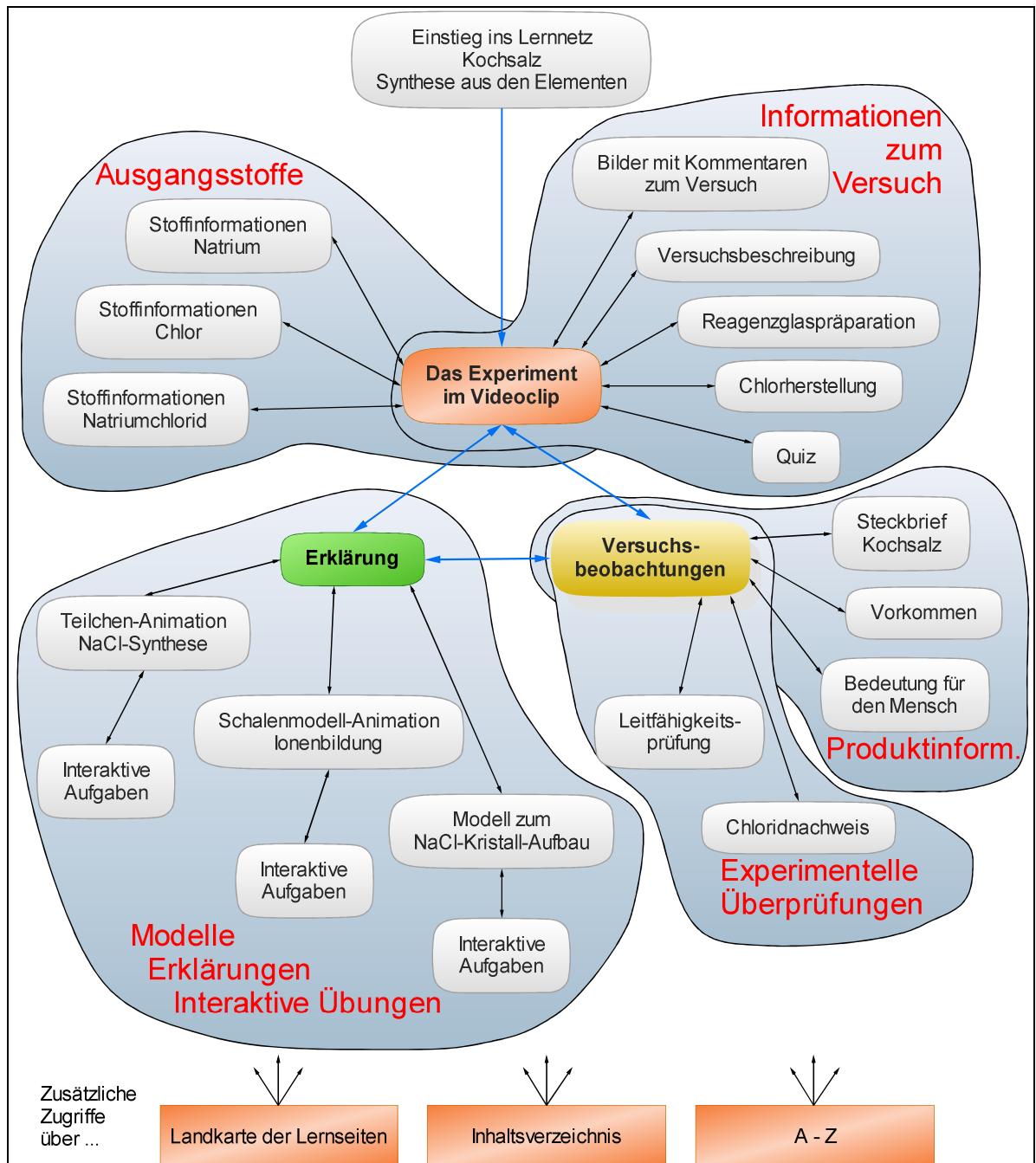


Abb 11: Informationsstruktur des Lernnetzes im Beziehungsdiagramm

4.4 Digitale Lernumgebungen in der Diskussion

4.4.1 Hypermedia-Lernumgebungen in der didaktischen Diskussion

Von der Arbeitsgruppe „Computer im Chemieunterricht“ [11] wurde 2004 eine umfangreiche Positionsbestimmung zum aktuellen Stand und zur Diskussion des Computereinsatzes im Chemieunterricht der vorangegangenen Jahre veröffentlicht. Darin wurden allgemeine, didaktische und lerntheoretische Charakterisierungen für multimediale Lernumgebungen vorgenommen und lernpsychologische Erkenntnisse über die Wirksamkeit auf die Lernenden erläutert. Neben vielen Einzelbetrachtungen und –bewertungen vieler Didaktiker ist die Entwicklung allgemeingültiger Theorien noch nicht abgeschlossen [11]. Das Autorenteam bezieht sich nicht auf konkrete Softwareprodukte. Es wird jedoch als Kritik herausgestellt, dass die meisten der bisher erstellten Multimedia (i. w. S. Hypermedia-Produkte) nicht für schulisches Lernen strukturiert wurden und nur schwerlich im Unterricht eingesetzt werden können.

Die beiden in dieser Arbeit entwickelten Typen von Hypermedia-Frameworks, das programmgesteuerte, einfach lineare Lernprogramm bzw. das individuell frei steuerbare Lernnetz, sind Lernumgebungen, mit denen Schülerinnen und Schüler selbstständig Lernen sollen. Inhaltlich repräsentieren beide Programme konkreten schulischen Lernstoff. Aber noch bleiben einige Fragen offen. Wie können diese Hypermedia im Rahmen von Unterricht eingesetzt werden? Zur selbstständigen Bearbeitung werden 1-2 Unterrichtsstunden benötigt. Sollen die Programme zum Festigen, zum Üben oder zur Nacharbeit von Unterrichtsinhalten dienen?

Die bei den Schülerinnen und Schülern ablaufenden Lernprozesse im Umgang mit den beiden Hypermedia-Frameworks entziehen sich einer direkten und kontinuierlichen Kontrolle des Lehrers, vor allen Dingen dann, wenn die Lernumgebungen außerschulisch eingesetzt werden. Die Gedanken der Schülerinnen und Schüler während der Arbeit mit den Hypermedia-Programmen sind für den Lehrer nicht unmittelbar einsehbar. Das Lernergebnis der Computerarbeit kann vom Lehrer nur im anschließenden Unterrichtsgespräch als Lernergebnis der gesamten Lerngruppe bzw. in schriftlichen Ausarbeitungen oder Tests als Lernergebnis eines Schülers nonverbal erfahren werden.

Das entwickelte Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ wurde mittels allgemein gehaltener Fragebögen an verschiedenen Schulen evaluiert.

4.4.2 Pflegeaufwand bei Hypermedia-Lernumgebungen

Aus EDV-technischer Sicht bedürfen Hypermedia-Frameworks einer kontinuierlichen technischen Pflege. Da in den letzten Jahren die Auflösung der Bildschirme und die Seitenverhältnisse des Bildschirmformats zu Breitbildschirmen hin wiederholt verändert wurden, wird die Anpassung entwickelter Hypermediaprogramme mit Hilfe von Javascripten und Styles notwendig, wenn die Designqualität und folglich auch die Lernqualität des Hypermedia-Programms bestehen bleiben soll.

Andernfalls werden die einmal entwickelten Layouts zu den Lernschritten – die Kombinationen aus Texten und Grafiken – auf verschiedenen Bildschirmen mit unterschiedlichen Auflösungen ebenfalls unterschiedlich groß und verschieden arrangiert dargestellt. Wird der zuvor genannte Pflegeaufwand nicht betrieben, muss die eigentliche Intention der Anwendung als Lernmedium in Frage gestellt werden.

Derartige Pflegearbeiten und z. T. Neuprogrammierungen wurden bereits an verschiedenen Modulen vorgenommen.

4.4.3 Flash 8 Professional – eine alternative Entwicklungsumgebung zur Erstellung von Lernmedien

Flash ist ein Programm zur Erstellung interaktiver, im Internet-Browser darstellbarer Trickfilmmedien. Ursprünglich wurde die Flash-Entwicklungsumgebung zur Erstellung von Werbefilmen für das Internet konzipiert. Auf Grund des großen Funktionsumfangs können damit aber auch interaktive Lernmedien entwickelt werden. Ein Vorteil gegenüber Hypermedia-Lernmedien ist, dass sich mit dem Flash-Entwicklungsprogramm proportional skalierbare und im Arrangement gleichbleibende und damit bildschirmunabhängige Lern-Layouts erstellen lassen. Das

Flash-Plugin (Browser-Plugin) garantiert die gleichbleibende Darstellung, unabhängig vom verwendeten Browser (Internet-Explorer, Firefox, Opera u. a.).

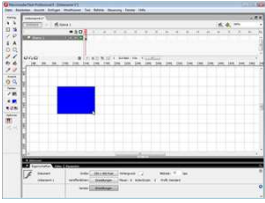



Tabelle 3: Vergleichende Gegenüberstellung von Hypermedia- und Flash-Lernmedien
 [Eigenentwicklung]

Vergleichskriterien	Hypermedia-Lernmedien	Flash-Lernmedien
Präsentation	Statisch (i. d. R.): bebildert, texturiert und nachgeladene Multimediaelemente	Statisch und dynamisch: grafisch, texturiert und direkt filmisch multimedial
Layout / Design	I. d. R. für ein bestimmtes Pixelformat fix organisiert und an dieses angepasst — : Darstellung wird kleiner (bzw. zu klein) bei höheren Bildschirmauflösungen; vertikales Scrollen notwendig bei kleineren Bildschirmauflösungen (Unübersichtlichkeit steigt) — : Über Styles, Skripte anpassbar und pflegebedürftig	Definiertes Bildschirmformat beliebig skalierbar + : Übersichtlichkeit des Arrangements bleibt erhalten + : Informationseinheit ≙ Bildschirmgröße
	I. d. R. scrollbare Fensterinhalte — : Überschaubarkeit sinkt	Inhalte auf die Größe einer Bildschirmseite beschränkt + : Überschaubarkeit gegeben
Dateiorganisation	I. d. R. viele Einzeldateien — : Handling aufwändig (höherer Aufwand im Unterricht, ggfs. Anpassung der Startdatei notwendig)	Meistens nur eine oder wenige Einzeldateien + : Handling einfacher (leicht kopierbar, geringerer Aufwand im Unterricht)

Ein weiteres gewichtiges Argument, das für die Entwicklung von Lernmedien auf Flash-Basis spricht, ist die Tatsache, dass die produzierten Anwendungen nicht nur in das relativ kleine internetfähige swf-Dateiformat [vgl. Tabelle 4], sondern auch als browserunabhängige und selbstständige lauffähige exe-Dateien exportiert werden können. Dabei befinden sich sämtliche Inhalte wie Texte, Bilder oder Programmfunktionen in der Regel in nur einer Programmdatei. Damit steht dem

Einsatz der Anwendungen im Unterricht auch in Unterrichtsräumen ohne Internetzugang nichts im Wege.

Tabelle 4: Übersicht über die Dateiformate des Programms und Verfügbarkeit im Unterricht [Eigenentwicklung]

Dateiorganisation in der Flash-Entwicklungsumgebung			
Entwicklungs- umgebung	Exportierte Dateiformate	Eigenschaften	Unterrichtseinsatz / Unterrichtsorganisation
	1. Fla-Datei 	Flash-Arbeitsdatei	
	2. Swf-Datei 	Lernmedium: Im Browser mit Flash-Plugin darstellbares, internetfähiges Programm geringer Größe	Online-Betrieb in Räumen mit Internetanschluss (genaue Linkadresse erforderlich)
	3. Exe-Datei 	Lernmedium: Selbstständig ausführbares Programm	Offline-Betrieb auf jedem Windows-PC, unabhängig vom Internet (Bereitstellung: Stick / CD / Festplatte / Schulserver)

Darüber hinaus bietet die Flash-Entwicklungsumgebung direkt einen umfangreichen Pool an grafischen Werkzeugen an, welche dem Entwickler einen großen Spielraum für die Entwicklung grafischer Objekte eröffnen, die der Hypermedia-Entwickler immer über mehrere Drittprogramme stückweise erstellen und anschließend zusammenfügen muss.

In dieser vorliegenden Arbeit wurde deshalb die Entwicklung von reinen Selbstlernmedien auf HTML-Basis verlassen und die weitere Arbeit auf die Entwicklung von Flash-Animationen (Trickfilme) konzentriert. So wurden in der Folgezeit kleinere, d. h. thematisch und inhaltlich begrenzte und in kurzer Zeit bearbeitbare Lehr- und Lernbausteine als Medien für den unmittelbaren Einsatz in den Arbeitsphasen von Unterrichtsstunden entwickelt. Sie unterliegen damit der unmittelbaren Kontrolle der Lehrerinnen und Lehrer im Unterrichtsgeschehen einer jeden Unterrichtsstunde. Die Effektivität der Flash-Lehr- und Lernbausteine im laufenden

Lernprozess kann vom Lehrer direkt und reflektiv im Unterrichtsgespräch gemanagt werden. Damit steuert jeder Lehrer, entsprechend seiner Unterrichtsplanung und seinen Zielsetzungen, das Lernergebnis an, welches er mit den verwendeten Lehr- und Lernbausteinen erreichen möchte.

Diese Umstellung der Arbeitsausrichtung, weg von den inhaltlich übergroßen, zeitlich aufwändigen und meist nur außerschulisch einsetzbaren Hypermedia-Lernumgebungen hin zu kleinen Flash-Animationen für den integrativen Einsatz im Unterrichtsgeschehen, eröffnet durch das lehreigene, unmittelbare Management der Lehr- und Lernbausteine konkrete Bewertungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Evaluation der Medien.

4.5 Die Animationssoftware Flash 8 Professional

Flash 8 Professional, das ursprünglich von Macromedia [S1] entwickelt wurde und heute von Adobe weitergeführt wird, ist eine Software, mit der man Animationen für das Internet erstellt. Das Programm erfüllt zwei Funktionen. Es ist zum einen ein vektororientiertes Grafikprogramm und zum anderen ein Animationsprogramm. Mit einer typischen Ausstattung an Zeichenwerkzeugen lassen sich unterschiedliche Formen und Objekte zeichnen und entsprechend dem Ebenenkonzept vieler Grafikprogramme in übereinander liegenden Ebenen organisieren. In einer Timeline werden verschiedenen Positionen der Objekte auf der Arbeitsbühne zeitlich fixiert. Flash berechnet die Bewegung zwischen der Anfangs- und Endposition der Objekte auf der Bühne für den jeweils in der Timeline markierten Zeitraum, das so genannte Tweening. Damit ist eine kurze Trickfilmszene definiert worden.

Zur Laufzeit des Trickfilms bewegt sich das Tweening-Objekt zwischen der Anfangs- und der Endposition (Abb. 12). Je nach Konzeption der zu erstellenden Flash-Animation werden viele Bewegungs-Tweenings vieler Formen und Objekte in mehreren Ebenen parallel oder hintereinander geschaltet. Mit derartigen timeline-basierenden Bewegungen kann auch der Nicht-Programmierer relativ leicht Animationen erstellen.

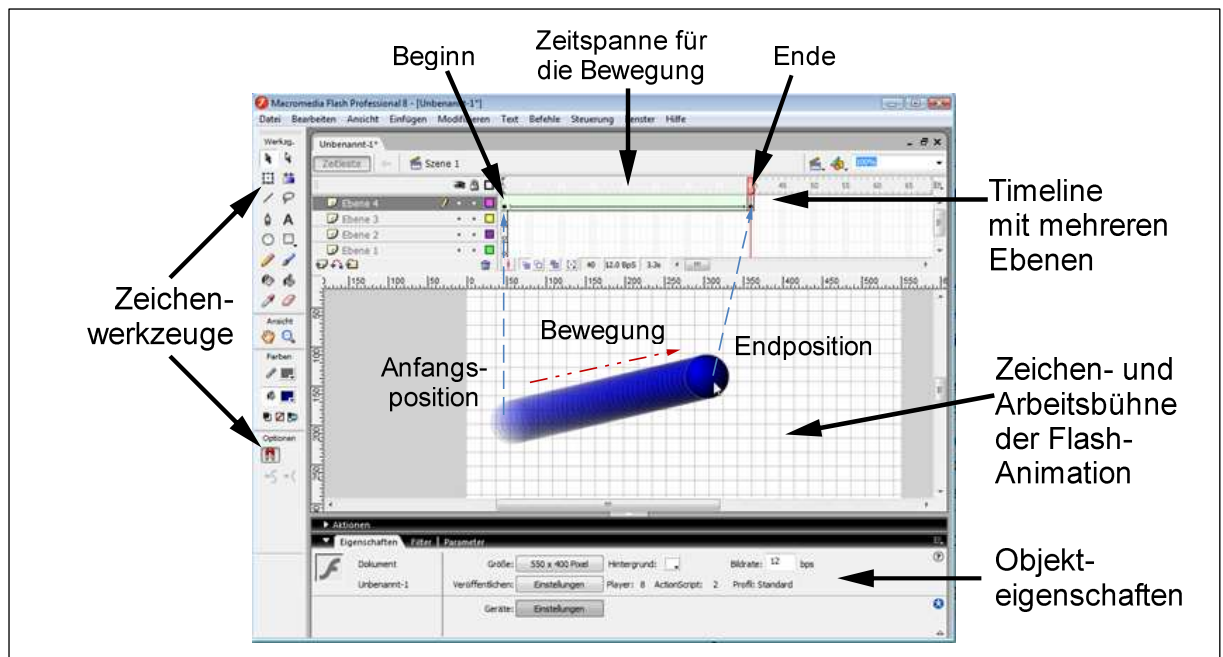


Abb. 12: Gliederung der Flash-Entwicklungsumgebung: Werkzeugleiste (links), Timeline mit Ebenen (oben), Arbeitsbühne (Mitte) und Eigenschaftsfenster (unten)

Neben der Timeline-Animation lassen sich Objekte auch mittels einer sehr umfangreichen Skriptsprache, dem so genannten Actionscript, in vielerlei Hinsicht manipulieren und bewegen. Diese letztere Vorgehensweise bietet den mehr oder weniger erfahrenen Programmierern die Möglichkeit, neben den Bewegungsanimationen auch interaktive Steuerungsmöglichkeiten zu entwickeln.

4.5.1 Kennzeichen von Flash-Animationen

Flash-Animationen sind Zeichentrickfilme. Mit den Grafikwerkzeugen wie z. B. dem Kreis-, Rechteck- oder Linienwerkzeug werden einzelne Formen gezeichnet. Diese Formen werden in benannte Objekte umgewandelt und sind dann über die Skriptsprache ansprechbar und animierbar. Mit diesen Zeichenobjekten werden chemische Modellvorstellungen wie z. B. Reaktionen auf der Teilchenebene in Form von Kugelteilchenmodellen oder Experimenten in virtuellen Szenarien gezeichnet und animiert, d. h. funktionell in Form von Trickfilmen „ablaufbar gemacht“ – im Flash-Sprachgebrauch „getweent“. Ebenso lassen sich Textfelder oder Textfenster sowie Schaltflächen mit Skripten zur Steuerung der Animationen entwickeln. Den Objekten werden dann in der Timeline bestimmte Zeiträume und

Schlüsselbilder (Etappenkpunkte einer Bewegung) zugeordnet. Auf der Bühne werden entsprechende Positionierungen vorgenommen.


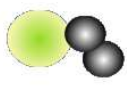
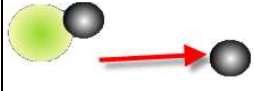
Die Größe der Bühne legt die Größe des entwickelten Lernmediums fest.

Auf diese Weise entstehen verschiedenste Flash-Anwendungen: wie z.B. Teilchenanimationen zu chemischen Reaktionen, Funktionsmodelle, virtuelle Experimente, interaktive Experimente, Multiple-Choice-Tests, Informationssysteme, Lernprogramme, aber auch spielerische Lernumgebungen wie Quize, Puzzles, Zuordnungsaufgaben, Lückentexte und vieles andere.

Die folgenden Tabellen (Tabellen 5 - 7) veranschaulichen an ausgewählten Beispielen einige Eigenschaften und Merkmale von Flash-Animationen. Die Tabellen enthalten zeilenweise folgende Gliederungspunkte: „Thema und Objekte, eigentliche Animation, Beschreibung, Steuerung, Lernerverhalten“).

Tabelle 5: Beispiel 1 mit einer Teilchenanimation

Szene: Ein Chloratom trifft auf ein Wasserstoffmolekül (Teilszene zur Kettenreaktion)					
Objekte: - Kugelteilchen für ein Chloratom; mittig grüne, nach außen gelbe Füllung. - Zwei Kugelteilchen für ein Wasserstoffmolekül mit radial grauer Verlaufsfüllung.					

 --Anfang					Ende--

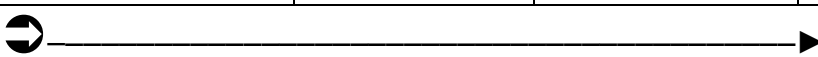
Timeline:		Bild1	Bild 48	Bild 72	
Script: stop();	Bewegung: Ein Chloratom bewegt sich auf das Wasserstoffmolekül zu.	Kollision; Wasserstoffatome trennen sich	HCl-Bildung erfolgt; Bewegung: Wasserstoffatom bewegt sich fort	Script: stop ();	
					
Klick auf den Button: Trickfilm läuft ab.					
Die Lerner beobachten die Teilchenbewegungen. Sie erkennen, dass nach dem Zusammentreffen von Chloratom (Chlorradikal) und Wasserstoffmolekül letzteres in zwei Atome (Wasserstoffradikale) getrennt wird und eines zusammen mit dem Chloratom ein Chlorwasserstoffmolekül bildet, das andere sich fortbewegt und für einen weiteren Schritt in der Kettenreaktion zur Verfügung steht.					

Tabelle 6: Beispiel 2 mit einem interaktiven Experiment

Szenarium: Ammoniakdämpfe werden mit Indikatorpapier überprüft.

Objekte: Ammoniakflasche, mit der Maus bewegbarer Glasstopfen, Uhrglas, bewegliches Indikatorpapier mit Farbtweening



Timeline: Bild1|

Diese Animation besteht nur aus einem Bild. Innerhalb des einen Bildes sind verschiedene Funktionen mit Actionscript realisiert worden.

Versuchsaufbau und Versuchsanleitung

Interaktion: Der Lerner nimmt mit Hilfe der Maus den Glasstopfen ab

Interaktion: Lerner nimmt mit Hilfe der Maus das Indikatorpapier auf und bewegt es an die Flaschenöffnung; Programmreaktion: Verfärbung des Indikatorpapiers

Die Lerner beobachten die Verfärbung des Indikatorpapiers in den Ammoniakdämpfen von gelb nach violett. Aus der Verfärbung leiten sie die alkalischen Eigenschaften ab.

Tabelle 7: Beispiel 3 mit einer interaktiven Aufgabe

Aufgabenszenarium: Funktionelle Bestandteile der Apparatur und beteiligte Stoffteilchen der Zinkiodid-Elektrolyse nach Aufforderung anklicken.

Objekte: Abbildung zum Versuchsaufbau mit sensiblen, unsichtbaren Schaltflächen, Skriptsteuerung zur Ausgabe von Aufgaben, Bewertung der Lerner-Auswahl mit Fehleraddition und Ausgabe der Bewertung (richtig, falsch, Kommentar) im Fenster.



Timeline: Bild1|

Diese Animation besteht nur aus einem Bild. Innerhalb des einen Bildes sind verschiedene Funktionen mit Actionscript realisiert worden.

Aufgabenstellung, und Abbildung zum Versuch mit sensiblen Schaltflächen; Startbutton.

Interaktion: Der Lerner klickt auf den Startbutton; erste Aufforderung zur Auswahl erscheint; der Lerner wählt aus und klickt; Antwort des Programms erscheint; nächste Frage erscheint.

Interaktion: Als Hilfe: Der Lerner schaut sich wiederholt den Versuch im Video an und durchdenkt die Abläufe; zusätzliche Hilfe: einblendbares Modell zur Stromleitung in Metallen.

Die Lerner bearbeiten interaktiv die gestellten Aufgaben und festigen ihr Wissen über die Abläufe bei einer Elektrolyse.

4.5.2 Einarbeitung in die Entwicklungsumgebung

Um mit der Entwicklungsumgebung zielgerichtet Animationen zu erstellen, ist die konstruktive Einarbeitung in das Flash-Programm mit geeigneter Literatur erforderlich. Es wurden etliche Lehrbücher beschafft und systematisch durchgearbeitet [F1 – F16]. Beispiele und Übungen wurden am PC nachvollzogen und in Variationen getestet. Wesentliche Schwerpunkte waren:

1. das Zeichnen mit dem Programm
2. das Animieren von Objekten mittels Timeline
3. die Programmsteuerung mit Actionscript
4. die Objekt-Animation mit Actionscript
5. die Entwicklung von Funktionen für ein windows-ähnliches Rahmenprogramm

Für die aktuellen Projektanliegen wurden jeweils konkrete Funktionsbeispiele entwickelt, die dann nach erfolgreichem Test in die Projektszenen umgesetzt wurden. Gelegentlich wurden Online-Tutorials zusätzlich zur Literatur als Orientierungshilfen verwendet [F17] [F18].

Entscheidend für die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Lernmedien war jedoch - wie bereits in Kapitel 3.2 genannt - das konzeptionelle Vorgehen vom Fachkonzept über ein EDV-Konzept (Objekte, Funktionen, Szenarien) zur EDV-technischen Realisierung.

4.6. Historie der Entwicklung von Flash-Medien im Rahmen dieser Arbeit

4.6.1 Die ersten Flash-Programme

Für das Hypermedia-Lernnetz „Synthese von Natriumchlorid“ wurden die ersten Flash-Animationen entwickelt. Die erste Animation enthielt eine Teilchenanimation zur Reaktion. Es handelt sich um einen Trickfilm, der die Schritte des Born-Haber-Kreisprozesses veranschaulicht.

Das gefilmte Experiment (Abb. 13) bildete die Vorlage für die anschließend analog erstellte Teilchenanimation (Abb. 14).



Abb. 13: Momentaufnahmen des Realexperiments

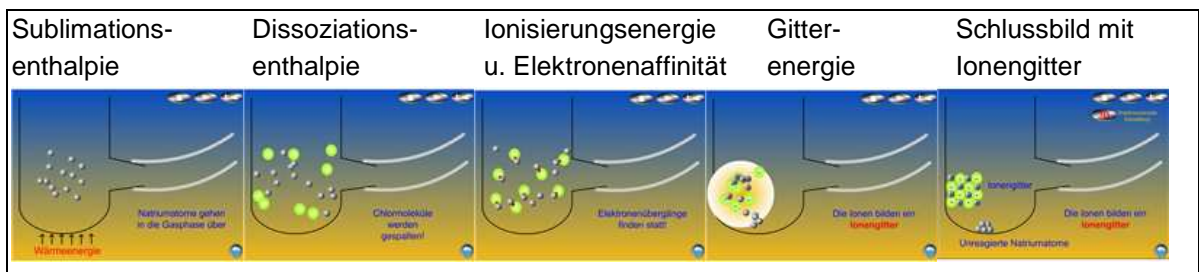


Abb. 14: Momentaufnahmen der Teilchenanimation mit Kurzcharakteristik

Eine zweite einfache Animation zum Lernnetz zeigt den Übergang eines Elektrons vom Natriumatom zum Chloratom und veranschaulicht die Bildung von Ionen am Schalenmodell.

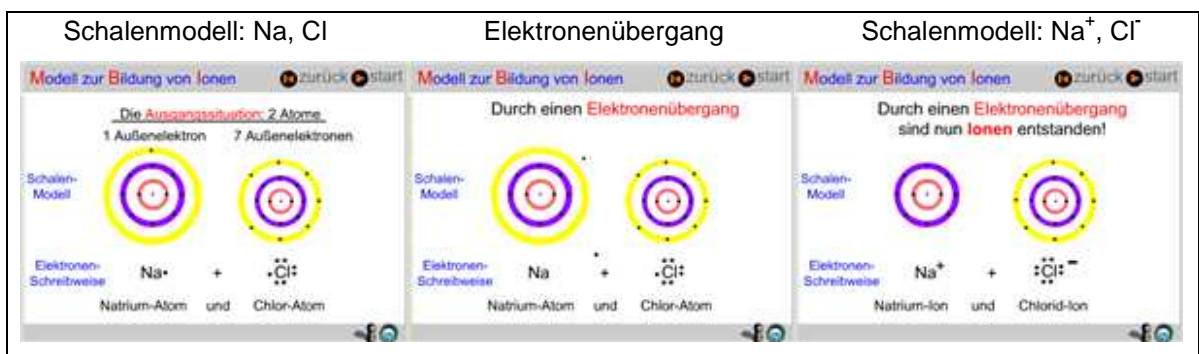


Abb. 15: Animation zur Bildung von Na^+ - und Cl^- -Ionen

die ersteren sich aber eher als animierte, elektronische Folien (Flash-Folien) für das Unterrichtsgespräch eignen. Die Funktion eines Flash-Mediums lässt sich deshalb aufgrund seines Aufbaus und seiner inneren Methodik entweder stärker als Lehr- oder mehr als Lernmedium charakterisieren, wobei die Übergänge fließend sein können. Für die zukünftige Planung und Entwicklung von Lehr- und Lernmedien bedeutet das, dass vorab geklärt werden muss, welche Rolle eine Animation mit einem konkreten Inhalt im Unterricht spielen soll (Vermittlungsziel) und wie dadurch begründet die methodische Ausrichtung des Flash-Mediums realisiert werden muss.

4.6.2 Didaktisch-methodische Ausrichtungen in der weiteren Entwicklung von Flash-Medien

4.6.2.1 Multimediale Arrangements im Chemieunterricht

Die Ausführungen in den ersten Kapiteln weisen auf die Methodik und Phasierung von Unterricht hin. Unterricht ist eine Artikulation mehrerer Arbeitsphasen, die einen Lernprozess schülerorientiert, methodisch und didaktisch gliedern und lerntheoretisch aufbauen. Diese zeitlich meist kurzen Phasen sind durch Unterrichtsgespräche, Einzel-/Partnerarbeiten oder Gruppenarbeiten gekennzeichnet. Die hier angegangene Rückbesinnung auf das, was Unterricht eigentlich ist, ist notwendig, um genau solche digitalen Medien zu entwickeln, die sich dann auch in einen gestuften Lernprozess integrieren lassen (vgl. 4.4.1, [11]).

Arbeitsphasen werden durch Lehrerimpulse initiiert bzw. angeregt. Für den Unterrichtsplaner ergeben sich die geeignete Aktionsform und Sozialform einer Arbeitsphase durch die Beschaffenheit des Unterrichtsgegenstandes, die zur Verfügung stehenden Materialien zum Gegenstand und durch die inhaltlichen und methodischen Lernvoraussetzung bzw. Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler.

In der folgenden Grafik werden die Unterrichtsformen gegliedert dargestellt (Abb. 18).

4.6 Historie der Entwicklung von Flash-Medien im Rahmen dieser Arbeit

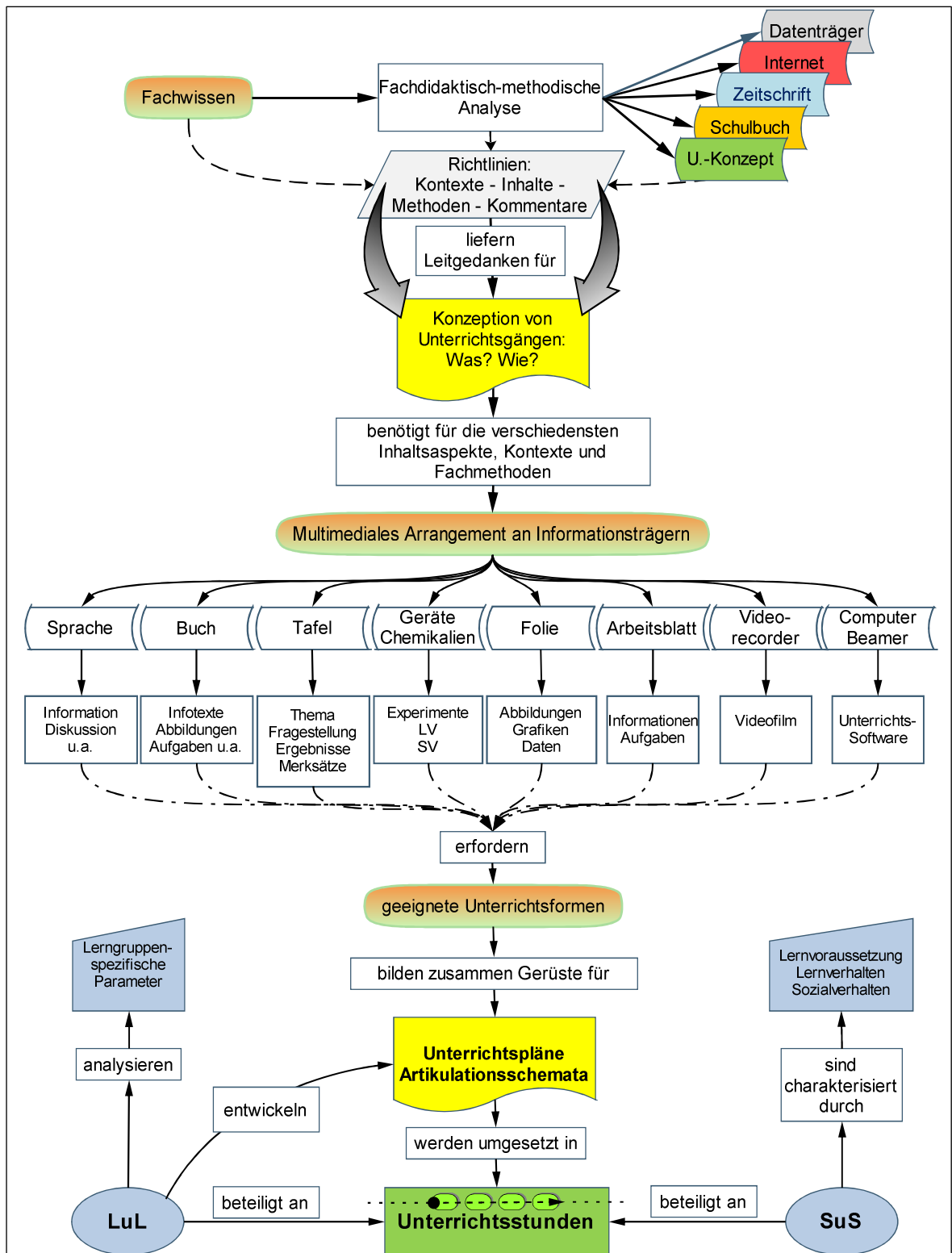


Abb. 19: Medien als Informationsträger und Arbeitsmittel im Unterricht. Vereinfachtes Flussdiagramm zur Unterrichtsplanung. [Eigenentwicklung]

4.6.2.2 Methodisch differenzierte Flash-Medien

Entsprechend den vorhergehenden Überlegungen sollten digitale Medien bestimmte Eigenschaften besitzen, um in Unterrichtsgesprächen oder in selbstständigen Arbeitsphasen, analog zu den herkömmlichen Materialien, in fachmethodisch effektiver Art und Weise als Arbeitsmedien sinnvoll eingesetzt werden zu können.

Wesentliche Kennzeichen können sein: Sie ...

- können darbieten (animiert vorführen) und ggf. gleichzeitig informieren (texturiert)
- sollen zum analytischen Denken und Schlussfolgern anregen (Resultate bestimmter Trickfilmmomente bzw. Trickfilmdesigns)
- sollen die virtuelle Experimentierneugier und –freudigkeit anregen und fördern
- sollen das Selbstlernen anregen und nachhaltig aktivieren
- können Lernprozesse und Lösungswege tutoriell begleiten
- sollen den Wunsch Lösungen zu erarbeiten fördern

Gemäß der jeweils beabsichtigten Lehr- bzw. Lernintention lassen sich im Vorfeld die zu erstellenden Flash-Lehr- und Lernmedien typisieren und für bestimmte Aktions- und Sozialformen entsprechend planen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene Animationstypen als Ergebnis einer Anpassung an die klassischen Unterrichtsformen herausgearbeitet. Abbildung 20 veranschaulicht diese Differenzierung. Ausgehend von der Flash-Entwicklungsumgebung im Zentrum des Diagramms wurden für die dort benannten Medien-Typen mit jeweils eigener Medienmethodik (vgl. 4.6.2.3) mehrere Prototypen entwickelt.

4.6 Historie der Entwicklung von Flash-Medien im Rahmen dieser Arbeit

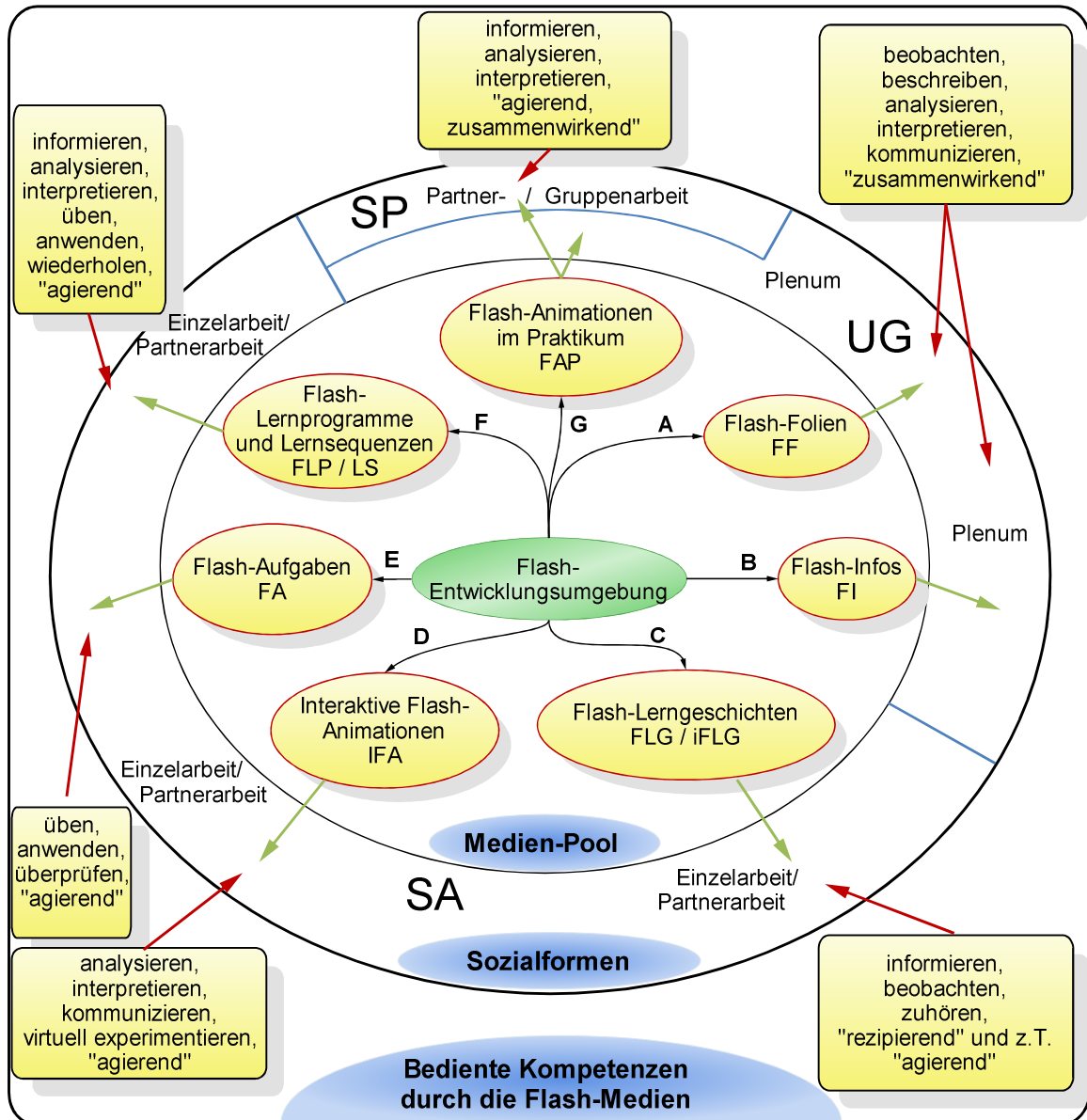


Abb. 20: Entwicklung verschiedenartiger Flash-Medien für die verschiedenen Aktions- und Sozialformen [Eigenentwicklung]. Abkürzungen: UG=Unterrichtsgespräch, SA=selbstständige Schülerarbeit, SP=Schülerpraktikum.

Diese Flash-Medien des Medien-Pools (vgl. Abb. 20) arbeiten den verschiedenen Unterrichtformen zu (vgl. Abb. 18 und 20): „Flash-Folien“ und „Flash-Infos“ für das Unterrichtsgespräch, „Flash-Lerngeschichten“, „interaktive Flash-Animationen“, „Flash-Aufgaben“, „Flash-Lernprogramme“ und „Flash-Animationen im Praktikum“ für die selbstständige Schülerarbeit.

Im Folgenden werden die verschiedenen Typen von Flash-Medien zunächst allgemein charakterisiert. Daran anschließend folgen im Kapitel 4.7 Detaildarstellungen an ausgewählten Beispielen.

4.6.2.3 Kennzeichen verschiedener Typen von Flash-Medien

A) Flash-Folien

Flash-Folien (FF) beinhalten unkommentierte Funktionsmodelle (animierte Grafiken / Trickfilmszenarien) als Arbeitsmaterialien für das Unterrichtsgespräch. Eine Teilchenanimation zu einer chemischen Reaktion ist ein Beispiel für ein solches Funktionsmodell. Die dynamische Visualisierung eines Vorgangs im Trickfilm stellt motivierende Impulse für eine nachfolgend anregende Diskussion bereit. Vorgänge lassen sich anhand konkreter Trickdarstellungen zusammenhängend beobachten, beschreiben, analysieren und interpretieren. An statischen OHP-Folien werden Vorgänge phantasievoll und unterschiedlich von Schülerinnen und Schülern erdacht. Zumeist werden sie aber aufgrund individuell „schwebender“ Unsicherheiten nicht artikuliert und können deshalb unvollständig und ungeklärt in ihrem Wissenspool verbleiben. Hier schafft ein dynamisches Funktionsmodell mit definierten Start-, Ablauf- und Endbedingungen zielgerichtet klarere Arbeitsgrundlagen, natürlich immer nur innerhalb der Grenzen, die das Animationsmodell letztlich hergibt. Schülerinnen und Schüler werden durch bewegte und verknüpfende Bildinformationen in ihrer eigenen Bereitschaft angestoßen und gestärkt, sich ins Unterrichtsgespräch einzubringen. Sie formulieren Beschreibungen und Zusammenhänge, Lehrerinnen und Lehrer führen die entsprechenden Fachbegriffe ein. Das von Lehrern und Schülern gemeinsam getragene Unterrichtsgespräch gewinnt durch die Dynamik des Funktionsmodells an inhaltlicher und fachmethodischer Transparenz. Gleichzeitig offeriert es damit die Chance für ein effektiveres inhaltliches und begriffliches Lernen und ein anhaltendes Lernergebnis.

Die folgenden Abbildungen zeigen einige Beispiele für entwickelte Flash-Folien:

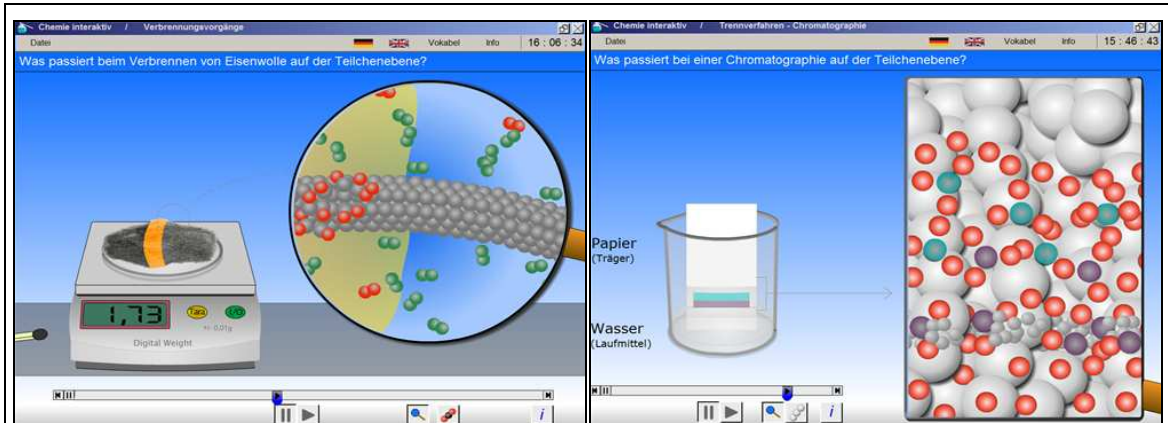


Abb. 21: Eisenwolle verbrennt. Virtuelles Experiment und Teilchenmodell zur Reaktion. [L23]

Abb. 22: Chromatographie von Filzstiftfarben. Virtuelles Experiment und Teilchenmodell zur Reaktion. [L25]



Abb. 23: Abläufe in einer Zink-Kohle-Batterie. Funktionsmodell zu den elektrochemischen Vorgängen. [L20]

Abb. 24: Ein Schlüssel wird verkupfert. Virtuelles Experiment, zuschaltbare Teilchenanimation, interaktives Aufstellen der Reaktionsgleichungen. [L21]

B) Flash-Infos

Flash-Infos (FI) stellen ebenfalls Funktionsmodelle dar, die durch kurze, aber notwendige Informationen (Begriffe, Hinweise, Pfeile o. a. Zeichen) ergänzt werden. Dies kann z. B. wichtig sein, um Gelenkstellen oder Übergänge innerhalb einer Animation kenntlich zu machen und hervorzuheben, aber auch um wichtige Fachtermini parallel zur aktuellen Szene im Bewusstsein der Lernenden zu verankern.

Beispiele hierfür sind:

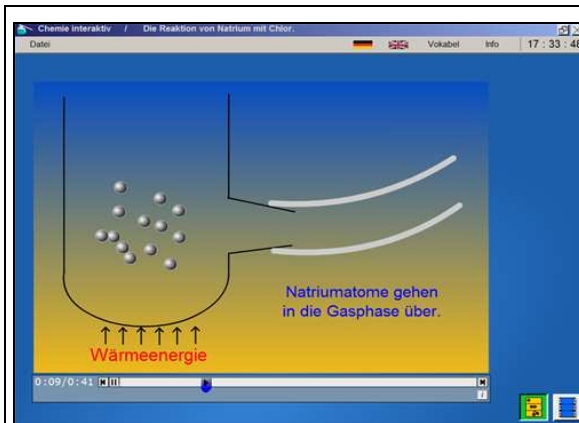


Abb. 25: Synthese von Natriumchlorid. Teilchenanimation zur Reaktion und Versuch im Videoclip. [L10]

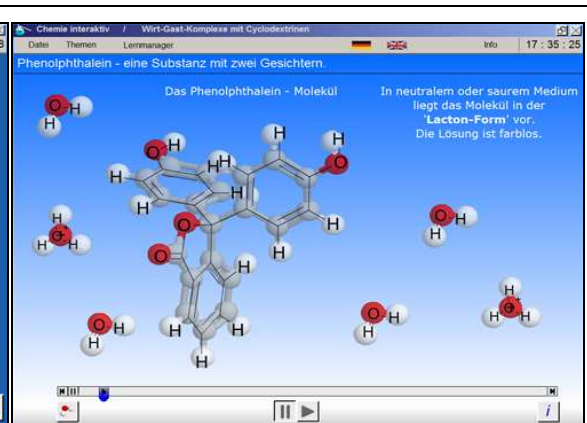


Abb. 26: Phenolphthalein – eine Substanz mit zwei Gesichtern. Funktionsmodell zur Änderung der Konformation und der Absorptionseigenschaften in Abhängigkeit vom umgebenden Milieu. [L26] [L27]

C) Flash-Lerngeschichten

Flash-Lerngeschichten (FLG) und interaktive Flash-Lerngeschichten (IFLG) sind informierende Animationen (Trickfilme), die konkrete Sachverhalte sachlogisch gegliedert entwickeln (lerngerechte Abschnitte) und vollständig kommentiert und animiert vorstellen.

Beispiele hierfür sind:



Abb. 27: FLG - Die Oberflächenspannung des Wassers. Animationen, Videoclips, Erläuterungen, Fragen und Antworten. [L32]



Abb. 28: FLG - Die Dichteanomalie des Wassers. Animationen, Videoclips, Erläuterungen, Fragen und Antworten. [L30]



Abb. 29: IFLG – Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle.

Interaktiver, bebildeter und kommentierter Rundgang, Animationen zur Tropfstein- und Höhlenbildung. [L35] [9]

Abb. 30: IFLG - Die Hydrophobierung von Oberflächen.

Videoclips, interaktive Animationen, Erläuterungen, Fragen und Antworten. [L33]

Diese Flash-Lerngeschichten stellen kleine, inhaltlich geschlossene und z. T. auch interaktive Multimodulmodule dar. Es handelt sich um Selbstlernmedien. Dieses Selbstlernen wird dadurch ermöglicht, dass die Programme die Sachzusammenhänge tutoriell mit Fragestellungen, Hinweisen und Antworten begleiten. Diese textuellen Elemente umrahmen die Trickfilmszenen und geleiten den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler auf dem Weg hin zur Lösung der zu Beginn der Lerngeschichte dargestellten Ausgangsproblematik.

Der Zeitrahmen für das Durcharbeiten der in den Abbildungen 27 und 28 genannten Lerngeschichten beträgt ca. 15-20 Minuten (Abspielzeit ca. 7 Minuten), für die interaktiven Lerngeschichten in Abbildung 29 bzw. 30 werden ca. 20-30 Minuten benötigt.

D) Interaktive Flash-Animationen

Interaktive Flash-Animationen (IFA) beinhalten interaktive Funktionsmodelle, bei denen der Lernende durch sein Interagieren das aktuelle Animationsereignis mitbestimmt. Das Spektrum eines solchen Flash-Typs reicht von einfachen virtuellen Experimentier-Arrangements bis hin zu Simulationsmodulen.

Beispiele hierfür sind:

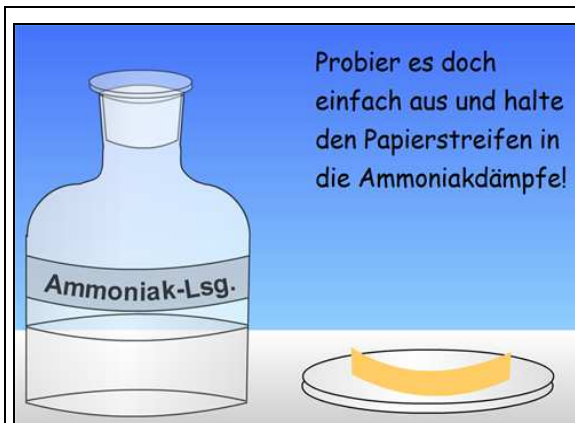


Abb. 31: Untersuchung der Ammoniakdämpfe mit pH-Papier [L36].

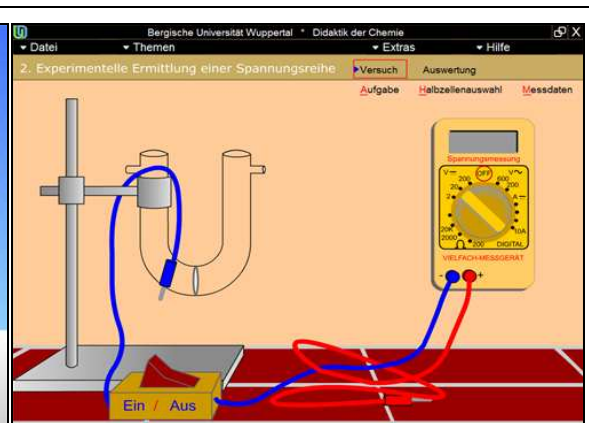


Abb. 32: Virtuelles Experimentieren und Entwicklung einer Spannungsreihe [L39].

Weitere Beispiele könnten z. B. Simulationen zur Säure-Base-Titration oder zum chemischen Gleichgewicht sein.

Diese interaktiven Flash-Medien sind Selbstlernmedien. Sie können aber auch interaktiv von Lehrerinnen und Lehrern im Unterrichtsgespräch oder von Schülerinnen und Schülern in einem Vortrag verwendet werden.

E) Flash-Aufgaben (elektronische Übungen)

Flash-Aufgaben (FAuf) beinhalten interaktive Aufgaben zum Üben, Trainieren, Wiederholen, Vertiefen oder Anwenden von Unterrichtsinhalten. Es sind Selbstlernmodule für die Unterrichtsstunde. Sie sind aber auch zum Lernen und Üben zu Hause geeignet.

Beispiele hierfür werden in den folgenden Abbildungen kurz vorgestellt:

Abb. 33: Übung zum Lernen der Hauptgruppen des PSE.

Interaktivität: Symbole mit der Maus nehmen und ins noch leere Raster setzen. [L43] [L14]

Abb. 34: Übung zum Lernen von Elementnamen und Elementsymbolen.

Interaktivität: Nach Vorgabe von Symbol oder Name das jeweils Fehlende ergänzen. [L14]

Abb. 35: Übung zum Lernen der funktionellen Bestandteile einer galvanischen Zelle.

Interaktivität: Mit der Maus Begriffe nehmen und auf die vorgesehenen Striche setzen und prüfen lassen. [L42] [L38] [L39]

Abb. 36: Aufgabe aus dem Lernprogramm. Eine Versuchsbeschreibung zum vorher gezeigten Versuch als Lückentext.

Interaktivität: Begriffe mit Maus nehmen und in die Lücken setzen und prüfen lassen. [L45]

Diese Flash-Medien sind mit Prüfroutinen ausgestattet. Die Lernenden erhalten Rückmeldungen über richtige bzw. falsche Angaben und überdenken somit ihre Entscheidungen.

F) Flash-Lernprogramme und Lernsequenzen

Mit der Flash-Entwicklungsumgebung lassen sich auch tutorielle Lernumgebungen entwickeln, analog zu dem in Kapitel 4.2 vorgestellten Hypermedia-Lernprogramm. Vorteile von Flash- gegenüber Hypermedia-Produkten wurden bereits genannt (vgl. 4.4.3). In Lernprogrammen werden im Vergleich zu Lerngeschichten größere Zusammenhänge aufbereitet. Diese sind in kleine Lernabschnitte gegliedert, konstruktivistisch aufgebaut und mit einer größeren Interaktivität, z. B. jeweils mit Aufgaben zum aktuellen Lernabschnitt, ausgestattet.

Um auch für diesen Typus eines Flash-Lernprogramms ein Beispiel bereitzustellen, wurde das Hypermedia-Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ (vgl. 4.2) in ein Flash-Lernprogramm übertragen. Dabei wurden die Informationsstruktur (inhaltliches Procedere) und die Funktionsstruktur (Interaktionen) beibehalten. Die folgenden Abbildungen zeigen ausgewählte Momente aus dem Lernprogramm [L45]:

Abb. 37: Impuls – Ist es gefährlich im Regen Walkman zu hören?

Abb. 38: Elektrolyse im Videoclip. Wiederholtes Ansehen und Durchdenken möglich.

Abb. 39: Eine interaktive Hypothesenbildung zum Experiment. Wiederholt ablaufen lassen und mit alternativen Antworten durchdenken.

Abb. 40: Interaktives Aufstellen von Teilgleichungen zum Experiment. Getätigte Einstellungen prüfen lassen.

4.6 Historie der Entwicklung von Flash-Medien im Rahmen dieser Arbeit

Mit diesem Modul zeigt sich die besondere Stärke von Flash-Programmen in Bezug auf die grafische Aufbereitung, das vollformatige, gleichbleibende Layout und das Dateihandling für Schüler und Lehrer zu Hause und im Unterricht.

Zwei weitere Lernprogramme beziehen sich auf das Projekt „Ein Fall für zwei“. Diese Lernprogramme bestehen aus mehreren linear organisierten Lernseiten, allerdings mit vereinfachter tutorieller Begleitung (vgl. 4.7.6). Sie werden deshalb später, um diese organisatorische Einschränkung zu berücksichtigen, vereinfacht als „Lernsequenzen“ bezeichnet. Die Lernseiten sind über eine Menüführung oder den Lernmanager beliebig aufrufbar sind.



Abb. 41: Menüführung der Lernsequenz „Von der Pflanze zum Photosystem“ [L46]. Die Auswahl erfolgt über das Anklicken der Vorschaubilder.



Abb. 42: Lernmanager des Lernsequenz „Untersuchung der Farbstoffe Chlorophyll und β -Carotin“ [L47]. Die Arbeitsreihenfolge wird durch die schwarzen Pfeile empfohlen. Durch Anklicken eines der Vorschaubilder kann jeweils eine bestimmte Lernseite direkt aufgerufen werden

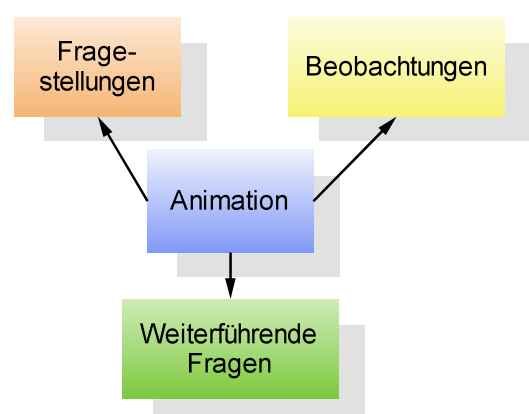


Abb. 43: Tutorielles Konzept in jeder Teilanimation dieser Lernsequenz. [L47].

Die Zuhilfenahme einer tutoriellen Begleitung wurde hier in diesen Lernsequenzen im Vergleich zum Lernprogramm „Stromleitung in Wasser“ der freiwilligen und selbstständigen Entscheidung des Lerners überlassen. Über Schaltflächen unten am Bildschirmrand (i. d. R. drei Schaltflächen) können Fragestellungen (Impulsfragen und Arbeitsaufgaben) zum eigentlichen Material der aktuellen Lernseite eingeblendet werden, die den Anstoß zur Arbeit mit dem Arbeitsmaterial liefern. Anschließend lassen sich nach Wunsch des Lerners ebenso Beobachtungen und Erklärungsansätze sowie weiterführende, noch offen Fragestellungen in separaten Fenstern einblenden. Über letztere werden Anreize zur Weiterarbeit auf der nächsten Lernseite vermittelt. Weitere Ausführungen hierzu erfolgen im Kapitel 4.7.6.

G) Flash-Animationen im Schülerpraktikum

Unter der Bezeichnung Flash-Animationen im Schülerpraktikum sollen Flash-Module verstanden werden, deren Intentionen darin bestehen, als Planungsinstrument, als Analyseinstrument oder als Simulationsumgebung für Praktikumsversuche zu dienen. Es sind Selbstlernmedien, die Schülerinnen und Schüler während eines Schülerpraktikums oder im Anschluss daran einsetzen.

Beispiele hierfür sind:



Abb. 44: Von der Kartoffel zur Folie. Mit dieser Animation wird das Experiment in Bildern gezeigt. Schülerinnen und Schüler erstellen zum Experiment einen Arbeitsplan und führen diesen anschließend durch. [L49]



Abb. 45: Untersuchung der Farbstoffe Chlorophyll und β -Carotin im Tages- und UV-Licht. Mit den Teilchenanimationen analysieren und erklären Schülerinnen und Schüler ihre Praktikumsbeobachtungen (vgl. 4.7.7). [L48]

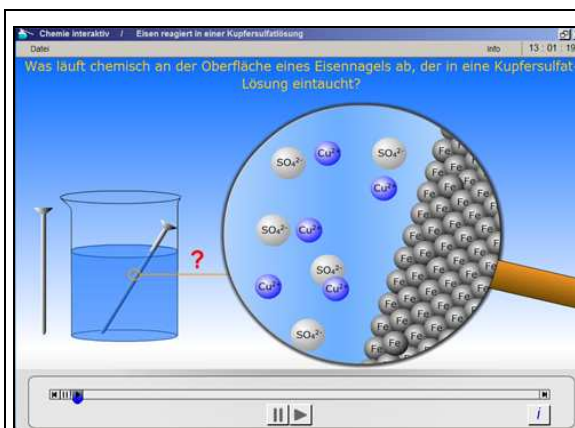


Abb. 46: Ein Eisennagel taucht in eine Kupfersulfatlösung. Mit dieser Animation formulieren und erklären Schülerinnen und Schüler ihre experimentellen Beobachtungen auf der Teilchenebene. [L18]

H) Resümee

Die unter den Punkten A-G vorgestellten Lehr- und Lerntools lassen sich grob in Medien zum Selbstlernen und in Arbeitsmaterialien für das Schüler-Lehrer-Gespräch gliedern.

Unkommentierte Flash-Folien unterliegen der Moderation des Fachlehrers. Er entscheidet über den Zeitpunkt des Medieneinsatzes im Unterrichtsverlauf, er beginnt die Moderation und steuert den Gesprächsverlauf durch geeignete Fragestellungen entsprechend seiner geplanten Zielsetzung.

Flash-Lerngeschichten wiederum laufen selbstständig ab und informieren Schülerinnen und Schüler über einen bestimmten Sachzusammenhang.

Mit Flash-Animationen für das Praktikum analysieren Schülerinnen und Schüler Praktikumsversuche.

Natürlich sind diese vorgeschlagenen und scheinbar einschränkenden Verwendungen nicht verbindlich. So lassen sich Flash-Folien mit geeigneten Aufgabenstellungen des Fachlehrers auch als Stillarbeitsmaterialien einsetzen. Entsprechend können Ausschnitte aus Lerngeschichten und –programmen im Unterrichtsgespräch vom Fachlehrer moderiert eingesetzt werden.

Vor der Verwendung eines digitalen Mediums muss jeder Fachlehrer jedoch wie bei jedem anderen Arbeitsmaterial entscheiden:

- ✚ Was ist mit Hilfe des Materials lernbar?
 - ➔ *Fachinhalte und Begriffe, Kontexte, Fachmethodik*

- ✚ Welche Methode ist in der Anlage des Flash-Mediums verankert?
 - ➔ *erforderliche Sozialform*

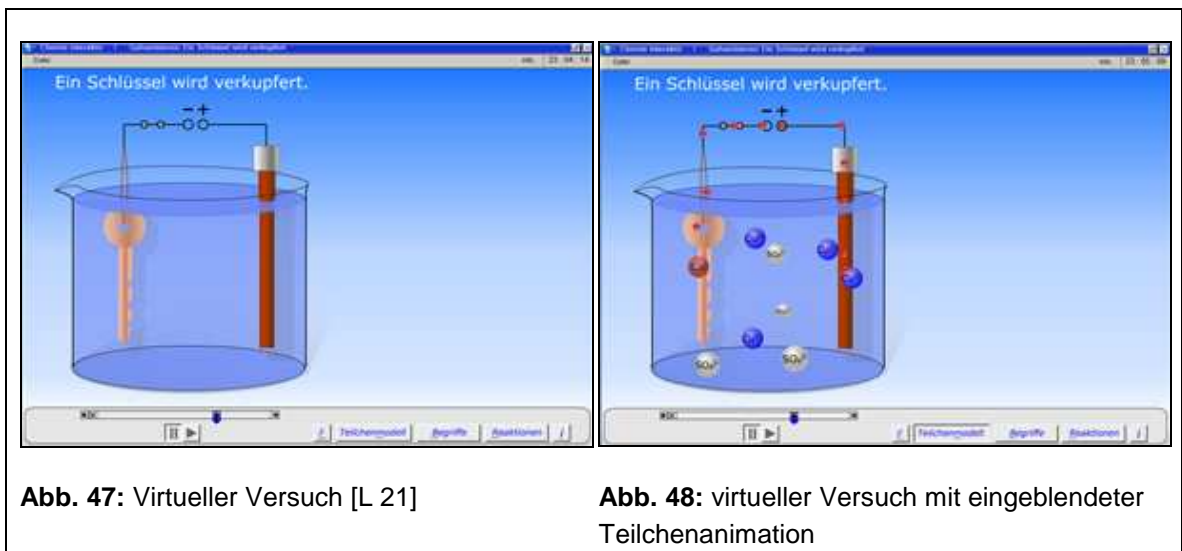
- ✚ Wie muss die Unterrichtsstunde organisiert werden, damit das konkrete Flash-Medium zielsicher eingesetzt werden kann?
 - ➔ *Ausgangssituation (vor der Implementation des Mediums), Aufgabenstellungen, Ergebnisergebnisgewinnung (ggfs. Anleitung), Ergebnissicherung (Protokoll, Ausdruck, Tafel, Flippchart , o. a.) ggfs. Ergebnispräsentation (Vortrag / Gruppe / Plenum)*

4.7 Vorstellung und Kommentierung ausgewählter Flash-Medien

4.7.1 Flash-Folie „Ein Schlüssel wird verкупfert“

Die Aufgabe dieses Flash-Mediums besteht darin, die Vorgänge beim Galvanisieren auf der Teilchenebene zu veranschaulichen und zu analysieren.

Dazu enthält diese Flash-Folie im Hintergrund einen virtuellen Versuch zum Verкупfern eines Schlüssels (vgl. Abb. 47) und parallel dazu eine zuschaltbare Teilchenanimation im Vordergrund mit den jeweiligen Elektrodenvorgängen (vgl. Abb. 48).



Die Informationsstruktur der Flash-Folie und ihre implementierten Funktionen:

Teil A: Virtueller Versuch (Hintergrundanimation)

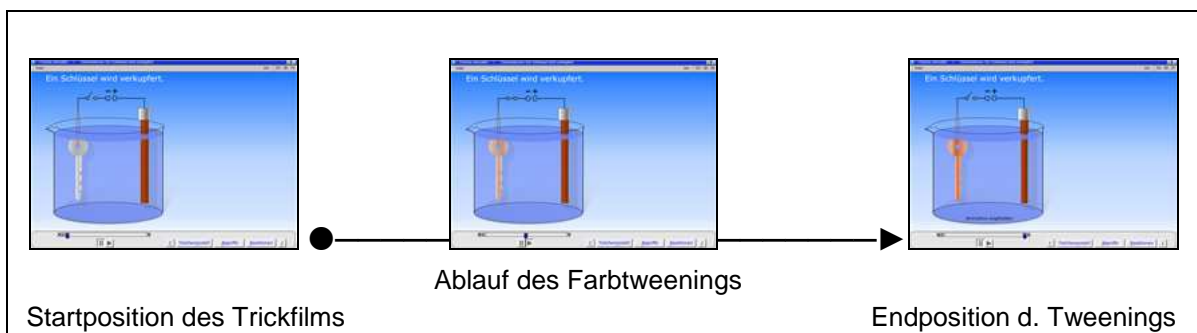


Abb. 49: Schematische Darstellung der Informationsstruktur mit Momentaufnahmen zur Experimentanimation

Folgende Beobachtungen können nach dem Start des Trickfilms erfolgen:

- Der Stromkreis ist geschlossen.
- Der Schlüssel zeigt eine zunehmende Farbveränderung.
- Der Anteil des Kupferstabs, der in die Lösung eintaucht, wird dünner.

Analyse und Deutung, die auf der Basis der Beobachtungen möglich sind:

- Unter dem Einfluss des elektrischen Stroms findet am Schlüssel eine stoffliche Veränderung statt. Es bildet sich ein Kupferüberzug durch Ablagerung von elementarem Kupfer.
- Gleichzeitig verliert der in die Lösung eintauchende Anteil des Kupferstabs an Stoffmasse.

Teil B: Teilchenanimation (Vordergrundanimation)

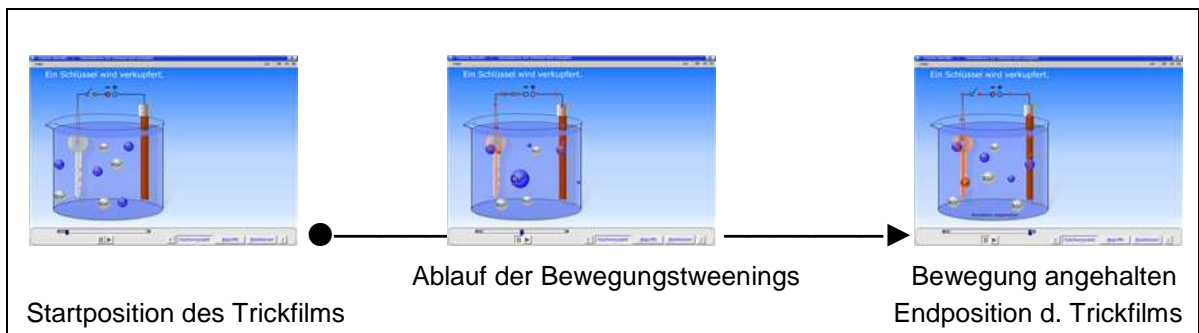


Abb. 50: Momentaufnahmen der Teilchenanimation mit der Experimentanimation im Hintergrund

Beobachtungen, die nach dem Start des Trickfilms möglich sind:

- An der Schlüsseloberfläche werden Cu^{2+} -Ionen der Lösung durch Aufnahme von 2 Elektronen, die von der Spannungsquelle angeliefert werden, in Cu-Atome umgewandelt.
- Die Cu-Atome verbleiben auf der Oberfläche des Schlüssels.
- Am Cu-Stab geben Cu-Atome je 2 Elektronen ab, die über den Kupferstab zur Spannungsquelle fließen. Die dabei aus den Cu-Atomen gebildeten Cu^{2+} -Ionen gehen in die Lösung über.

Analyse und Deutung:

- Nach dem Einschalten der Spannungsquelle wird an der Schlüsselelektrode die Reduktion von Cu^{2+} -Ionen aus der Lösung zu Cu-Atomen und damit die Bildung eines Kupferfilmes auf der Schlüsseloberfläche „erzwungen“.
- Parallel dazu werden an der Kupfer-Elektrode Cu-Atome zu Cu^{2+} -Ionen oxidiert und damit die Auflösung derselben bewirkt. Entstandene Cu^{2+} -Ionen diffundieren in die Lösung.
- In der Lösung wandern Ionen von der Kupfer-Elektrode in Richtung Schlüssel. Diese Ionenwanderung stellt den Ladungstransport (Stromfluss) innerhalb der Lösung dar. Die Verknüpfung des Ladungstransports innerhalb der Lösung mit dem Stromfluss in den elektrischen Leitern hin zur Spannungsquelle erfolgt durch die Reduktions- bzw. Oxidationsvorgänge an der Schlüssel- bzw. an der Kupfer-Elektrode. Die treibende Kraft für den Stromfluss, die Elektrodenvorgänge und die Ionenwanderung liefert die Spannungsquelle.

Implementierte Funktionen (Teile A und B):

Der Trickfilm lässt sich über die Steuerleiste an gewünschte Stellen positionieren. Zum Starten und Stoppen müssen entsprechende Buttons mit der Maus betätigt werden. Alternativ kann dies über die „Leer-Taste“ erfolgen. Letztere Funktion ist besonders für den Lehrer im Unterrichtsgespräch praktisch, da der Lehrer im Stehen leicht die „Leer-Taste“ betätigen kann, während eine Mausektion schwieriger auszuführen wäre. Zusätzlich können im Trickfilm mit den Pfeiltasten „nach oben“ (↑) zum Anfang, mit „nach unten“ (↓) zum Ende, mit „nach rechts“ (→) einige Bilder vor und mit „nach links“ (←) einige Bilder zurück gesprungen werden. Über die beiden letzten Pfeiltasten-Aktionen lassen sich einzelne Abschnitte der Teilchenanimation kleinschrittig abtasten (Zeitlupe).

Teil C: Fragestellungen (Zusatzfenster)

Über den Button „[F]“ in der Steuerleiste bzw. den Buchstaben „F“ wird ein Fenster mit Aufgabenstellungen ein- bzw. ausgeblendet. Die Aufgabenstellungen sollen Schülerinnen und Schülern in einer selbstständigen Arbeitsphase mit dem Material anleiten.

Abb. 51 (rechts): Fenster mit Kurzbeschreibung zum Experiment und Aufgaben für Schülerinnen und Schüler

Infobox zum Experiment

Zum Experiment ...
Ein Schlüssel und ein Kupferstab werden in eine Kupfersulfatlösung eingetaucht und mit einer Gleichspannungsquelle verbunden.

Aufgaben ...

1. Starte das virtuelle Experiment über den Play-Button! Was beobachtest du?
2. Schalte das Teilchenmodell hinzu und starte die Animation erneut! Erläutere die Vorgänge!
Welche Rolle spielt die Spannungsquelle?
3. Stelle die chemischen Vorgänge am Schlüssel bzw. am Kupferstab mit Hilfe der Symbole im Zusatzfenster "[Reaktionen]" in Form von Reaktionsgleichungen dar!
4. Erläutere deinen Mitschülern die Vorgänge beim "Galvanisieren", indem du die "[Begriffe]" zuordnest!

Teil D: Interaktives Board (Zusatzfenster)

Über den Button „[Reaktionsgleichungen]“ bzw. den Buchstaben „R“ wird ein Fenster geöffnet bzw. geschlossen. Das Fenster bietet das interaktive Erstellen von Reaktionsgleichungen zu den Elektrodenreaktionen an. Bewegliche Symbole lassen sich mit der Maus in die vorgesehenen Zielflächen bewegen und absetzen.

Abb. 52 (rechts): Interaktives Board

Reaktionsgleichungen zum Versuch

Aufgabe: Stelle mit Hilfe der beweglichen Symbole Teilgleichungen für die chemischen Vorgänge auf!

e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	e ⁻	2	2	2	2
Cu	Cu	Cu	Cu	(s)	(s)	(aq)	(aq)	+	+	+	+	
Cu ²⁺	Cu ²⁺	Cu ²⁺	Cu ²⁺	→	→	→	→					
Oxidation	Reduktion			→	→	→	→					

1. Am Schlüssel: _____

2. Am Kupferstab: _____

Auf diese Weise lassen sich die Teilvorgänge der Teilchenanimation formal in Teilgleichungen übertragen. Durch das schrittweise „Abtasten“ der Teilchenanimation wird die chemische Reaktion zuerst in Form der Ausgangsstoffe und dann in Form der Produkte visuell-dynamisch wahrgenommen und kann somit zielsicher in Reaktionsgleichungen „übersetzt“ werden.

Teil E: Begriffs-Board (Zusatzfenster)

Über den Button „[Begriffe]“ bzw. über den Buchstaben „B“ wird ein interaktives Board mit beweglichen Begriffen eingeblendet. Die Begriffe können mit der Maus beliebig auf der Versuchsapparatur platziert werden. Von Lehrern bzw. Schülern lassen sich auf diese Art Objekte und Teilvorgänge benennen und visuell für das Plenum kenntlich und verstärkt bewusst machen.

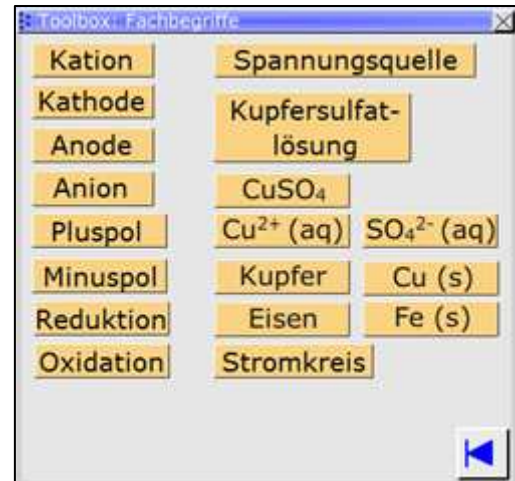


Abb. 53: Interaktives Board mit beweglichen Begriffen zum Experiment

Didaktisch-methodische Überlegungen zur Rechtfertigung des Medieneinsatzes

Nach durchgeführtem Schülerversuch findet üblicherweise nach der Verbalisierung der Beobachtungen und der Erklärungsversuche im Unterrichtsgespräch eine dynamisch-zeichnerische Analyse an der Tafel statt. Hierbei müssen Schülerinnen und Schüler sämtliche Äußerungen und Kommentare in Verbindung mit gezeichneten, weggewischten, neugezeichneten Teilchen und Pfeilen der Reihe nach behalten und diese „vorgespielte Dynamik“ innerhalb des vom Lehrer aufgewendeten Zeitrahmens verinnerlichen. Dieses Unterrichtsgeschehen bleibt aus der Sicht des Unterrichtsplaners ein Wunschdenken, wenn man die Fehler in anschließenden Tests berücksichtigt. Werden in Tests meist Zeichenobjekte grafisch richtig dargestellt, wenn auch so manche Pfeile aus Schülerhand nicht immer eindeutig zu interpretieren sind, so findet man in der Verbalisierung der Vorgänge Ungenauigkeiten und Falschaussagen. Die „vorgespielte“ Dynamik wird nicht von allen Schülerinnen und Schüler verbal verinnerlicht. Die Rolle dieser Flash-Folie besteht darin, genau diese „Tafeldynamik“ komplett im Trickfilm viele Male zusammenhängend zu veranschaulichen. Dabei kann der Trickfilm jederzeit angehalten bzw. über die Pfeiltasten (\leftarrow , \rightarrow) zurück- oder vorpositioniert werden, um eine Trickfilmszene langsam ablaufen zu lassen, sie zu beobachten und sie zu verbalisieren.

Mit Hilfe des interaktiven Boards kann parallel zur Animation das Aufstellen von Teilgleichungen zu den Elektrodenvorgängen erfolgen.

Der gedruckte Screenshot des aktuellen Bildschirms mit „fertigen“ Reaktionsgleichungen dient der Ergebnissicherung.

Mit dieser Flash-Folie können Schülerinnen und Schüler auch selbstständig die Auswertung des Schülerversuchs durchführen und ein Protokoll mit Beschreibung, Analyse und Erklärung erstellen.

4.7.2 Flash-Folien mit Teilchenmodellen für den Anfangsunterricht

4.7.2.1 Flash-Folien-Sammlung: „Aggregatzustände und ihre Umwandlungen“

Der Anfangsunterricht im Fach Chemie beschäftigt sich zuerst mit Stoffen und Stoffeigenschaften. Im Rahmen der Besprechung der Aggregatzustände wird die Vorstellung von kleinsten Teilchen entwickelt und zukünftig immer wieder benutzt, um Stoffeigenschaften und chemische Veränderungen zu veranschaulichen, zu erläutern und zu erklären.

Um die Einführung des Teilchenmodells anschaulicher zu gestalten als dies mit den typischen statischen Abbildungen erfolgt, wurde eine kleine Flash-Folien-Sammlung mit dynamischen Modellen zu den Aggregatzuständen entwickelt [L22][10]. Die folgende Abbildung liefert einen Überblick über die in dieser Sammlung enthaltenen Teilfolien.

The image displays a collection of interactive flashcards (slides) from a software application titled 'Stoffe in verschiedenen Zuständen und deren Umwandlung'. The slides are arranged in a grid and cover the following topics:

- Startseite mit Navigationsdiagramm:** A slide titled 'Die Aggregatzustände im Vergleich' that asks 'Wie sind die Stoffteilchen in den Zuständen fest, flüssig und gasförmig angeordnet?' and 'Unter welchen Bedingungen lassen sich die Aggregatzustände ineinander umwandeln?'. It features a central diagram with 'Die Aggregatzustände' in a circle, connected to 'fest', 'flüssig', and 'gasförmig' by arrows labeled with processes like 'schmelzen', 'erstarren', 'siedebilden', 'sublimieren', 'kondensieren', and 'resublimieren'.
- Übersicht mit den drei Aggregatzuständen:** A slide titled 'Die Aggregatzustände im Vergleich' that asks 'In den 3 Bechergläsern wird der Stoff Wasser in den verschiedenen Zuständen mit Teilchenmodellen veranschaulicht.' It shows three beakers: 'Eis: fest' at <math>< 0\text{ }^\circ\text{C}</math>, 'Wasser: flüssig' at $20\text{ }^\circ\text{C}$, and 'Dampf: gasförmig' at $100\text{ }^\circ\text{C}$, each with a corresponding particle model.
- „fest“:** A slide titled 'Der feste Zustand' with the example of ice. It asks 'Ein Eiswürfel schwimmt auf dem Wasser' and 'Eis - festes Wasser - in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt.' It shows a beaker with ice and a particle model at $-0\text{ }^\circ\text{C}$.
- „schmelzen“:** A slide titled 'Die Umwandlung eines Festkörpers in eine Flüssigkeit' with the example of ice melting. It asks 'Aus Eis entsteht Wasser. Das Eis schmilzt.' and 'Eis - festes Wasser - in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt. Was passiert mit den Stoffteilchen bei Zufuhr von Wärmeenergie?' It shows a beaker with ice melting and a particle model with '↑↑ Wärmeenergie ↑↑' and 'Kollision von außen'.
- „erstarren“:** A slide titled 'Die Umwandlung einer Flüssigkeit in einen Festkörper' with the example of water freezing. It asks 'Aus Wasser entsteht Eis.' and 'Wasser in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt. Was passiert mit den Stoffteilchen beim Abkühlen?' It shows a beaker with water freezing and a particle model with '↑↑ Kollision von außen'.
- „flüssig“:** A slide titled 'Der flüssige Zustand' with the example of water. It asks 'Ein Barometer schwimmt auf dem Wasser' and 'Wasser in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt.' It shows a beaker with water and a particle model at $20\text{ }^\circ\text{C}$.
- „verdampfen“:** A slide titled 'Die Umwandlung eines flüssigen Stoffes in einen gasförmigen' with the example of water evaporating. It asks 'Aus Wasser entsteht Wasserdampf.' and 'Wasser in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt. Was passiert mit den Stoffteilchen beim Erhitzen?' It shows a beaker with water and a particle model with '↑↑ Wärmeenergie ↑↑'.
- „kondensieren“:** A slide titled 'Die Umwandlung eines gasförmigen Stoffes in einen flüssigen' with the example of water vapor condensing. It asks 'Aus Wasserdampf entsteht Wasser.' and 'Wasserdampf in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt. Was passiert mit den Stoffteilchen beim Abkühlen?' It shows a beaker with water vapor and a particle model with '↑↑ Kollision von außen'.
- „gasförmig“:** A slide titled 'Der gasförmige Zustand' with the example of water vapor. It asks 'Der gasförmige Zustand am Beispiel von Wasserdampf.' and 'Wasserdampf ist unsichtbar. Eine 1,2 cm dicke Wasserschicht entsteht aus dem Dampf Nebel.' It shows a kettle and a particle model at $100\text{ }^\circ\text{C}$.
- „sublimieren und resublimieren“:** A slide titled 'Die Umwandlung eines festen Stoffes direkt in einen gasförmigen Stoff und umgekehrt' with the example of iodine. It asks 'Aus Iodstein lod entsteht gasförmiges Iod und umgekehrt.' and 'Iod in einem einfachen Teilchenmodell dargestellt. Was passiert mit den Stoffteilchen beim Erhitzen und Abkühlen?' It shows a beaker with iodine and a particle model with '↑↑ Wärmeenergie ↑↑'.

Abb. 54: Flash-Foliensammlung im Überblick

Mit einkugeligen Teilchenmodellen wird die Denkweise auf der submikroskopischen Ebene dynamisch vermittelt und eingeführt. Neben der statischen Darstellung des festen Zustands werden der flüssige und gasförmige Zustand, aber auch deren Übergänge in Abhängigkeit von der Temperatur animiert gezeigt.

4.7.2.2 Flash-Folien zu Verbrennungsvorgängen

Zwei weitere Flash-Folien für den Anfangsunterricht veranschaulichen Verbrennungsvorgänge: 1. „Die Verbrennung von Holz“ [L24] und 2. „Die Verbrennung von Eisenwolle“ [L23]. Diese beiden Flash-Medien zeigen jeweils in der linken Bildschirmhälfte das entsprechende virtuelle Experiment, wie es üblicherweise im Unterricht zuvor durchgeführt wurde. Diese Experiment-Animation wiederholt für alle Schülerinnen und Schüler die wesentlichen, makroskopisch beobachtbaren Momente. In der rechten Bildschirmhälfte kann parallel zum virtuellen Versuch die Verbrennungsreaktion in einer Teilchenmodell-Animation hinzugeschaltet werden (vgl. Abb. 55).

Informationsstruktur zur Flash-Folie „Verbrennung von Holz“ (Auflistung beobachtbarer Fakten)

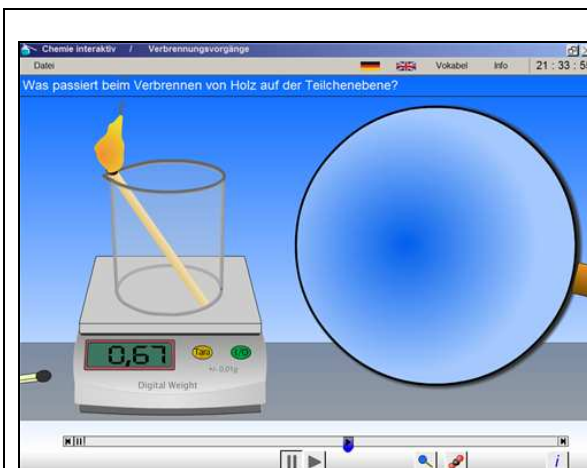


Abb. 55: Virtuelles Experiment

Virtuelles Experiment:

- Holzspan brennt mit leuchtender, rußender Flamme
- Waage zeigt zunehmenden Massenverlust an

Funktionen:

- Start/Stop über Buttons bzw. „Leertaste“
- Teilchenmodell ein/aus über Button
- Legende ein/aus über Button



Zugeschaltete Teilchenanimation (Auflistung beobachtbarer Fakten):

- bewegliche Sauerstoff- und Stickstoffteilchen
- Holzspan aus Kohlenstoff-, Sauerstoff- und Wasserstoff-Teilchen zusammengesetzt
- bewegliche Sauerstoff- und Stickstoffteilchen treffen auf den Holzspan und prallen ab
- erreicht die Flamme im virtuellen Experiment den im Teilchenmodell dargestellten Ausschnitt, wird die chemische Reaktion veranschaulicht
- Sauerstoffteilchen aus der Luft und die Stoffteilchen des Holzstäbchens sind daran beteiligt
- Sauerstoffteilchen, die auf den Holzspan treffen, zerfallen in die zwei Kugelteilchen, aus denen sie zusammengesetzt waren
- die Stoffteilchen des Holzstäbchens werden an der brennenden Stelle voneinander getrennt
- zwei einkugelige Sauerstoffteilchen verbinden sich mit einem Wasserstoffteilchen zu Wasser oder mit je einem Kohlenstoffteilchen zu Kohlenstoffdioxidteilchen
- die gebildeten (neuen) Verbindungen entweichen in den Luftraum
- zum Teil noch aneinanderhaftende Kohlenstoffteilchen entweichen in den Luftraum

Funktionen (Auflistung):

- Ein- und Ausblenden der Legende mit Kugelteilchenmodellen und Benennungen
- Start/Stopp über Button bzw. „Leer-Taste“

Didaktisch-methodische Überlegungen

Zum Schülerexperiment könnten Schüler folgende Aussagen formulieren:

- „Holz brennt an der Luft.“
- „Für die Verbrennung an der Luft wird Sauerstoff benötigt.“
- „Holz besteht u. a. aus Kohlenstoff.“ (Information bzw. angezeigt durch ruhende Flamme)
- „Es bildet sich das Gas Kohlenstoffdioxid; es ist unsichtbar in der Luft“.
- „Holz ist verbrannt.“

Diese Formulierungen verdeutlichen, dass die stofflichen Veränderungen für Schülerinnen und Schüler ausschließlich auf der Basis des Experiments mit sinnlich wahrnehmbaren Phänomenen verbleiben. In dieser Unterrichtssituation ist und bleibt Wissen ungleich verteilt. Lehrerinnen und Lehrern ist die Reaktion völlig klar, Schülerinnen und Schüler operieren mit wagen Vermutungen und Formulierungen. Hier liefert die Teilchenanimation eine Arbeitsgrundlage, die kausale Formulierungen ermöglicht und die stofflichen Veränderungen auf der Teilchenebene für Schülerinnen und Schüler zugänglich macht. Die eigentlichen Akteure der Reaktion bekommen benennbare und beschreibbare Körper, die verschiedenen Kugelteilchen. Das dynamische Modell macht damit die zuvor „schwammigen“, beschreibenden Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler transparent, vervollständigt und ordnet sie. „Wortgleichungen“ können aus dem Modellgeschehen abgeleitet werden.

Didaktisch-methodische Überlegungen zur Flash-Folie „Verbrennung von Eisenwolle“

Diesen Vorteil des „Durchschaubarmachens“ dessen, was zwischen den Teilchen der Stoffe abläuft, ist auch in der Animation zur „Verbrennung von Eisenwolle“ gegeben [L23] [10].

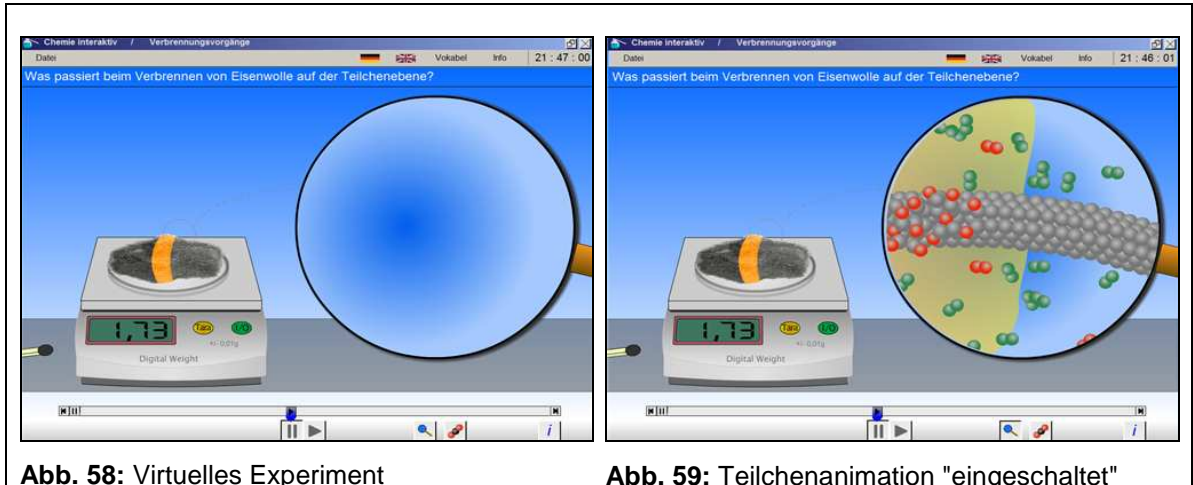


Abb. 58: Virtuelles Experiment

Abb. 59: Teilchenanimation "eingeschaltet"

Die Auswertung des Experiments führt zu folgenden Aussagen:

- Die Eisenwolle glüht, sie brennt.
- Sie ist verbrannt.
- Sie hat sich verfärbt.
- Sie ist „bröckelig“ geworden.
- Die Waage zeigt eine Massenzunahme an
- Sauerstoff aus der Luft hat mit der Eisenwolle reagiert.
- Sauerstoff „sitzt“ auf der Eisenwolle; Sauerstoff hat sich mit der Eisenwolle verbunden.

In diesen Aussagen bleibt unklar, wie das genau vonstatten gegangen ist.

Der kritische Moment dieses Gedankenspiels aus Beobachtungen, Deutungen und Hypothesen liegt in der unklaren Vorstellung, wie sich Sauerstoff mit Eisen verbunden hat. Sauerstoff ist unsichtbar; es fehlt eine sichtbare Körperlichkeit. Hier liefert die Teilchenanimation eine Modelldarstellung, die als Arbeitsgrundlage genau die Akteure zeigt und ihre Interaktionen benennbar macht (vgl. Abb. 60).

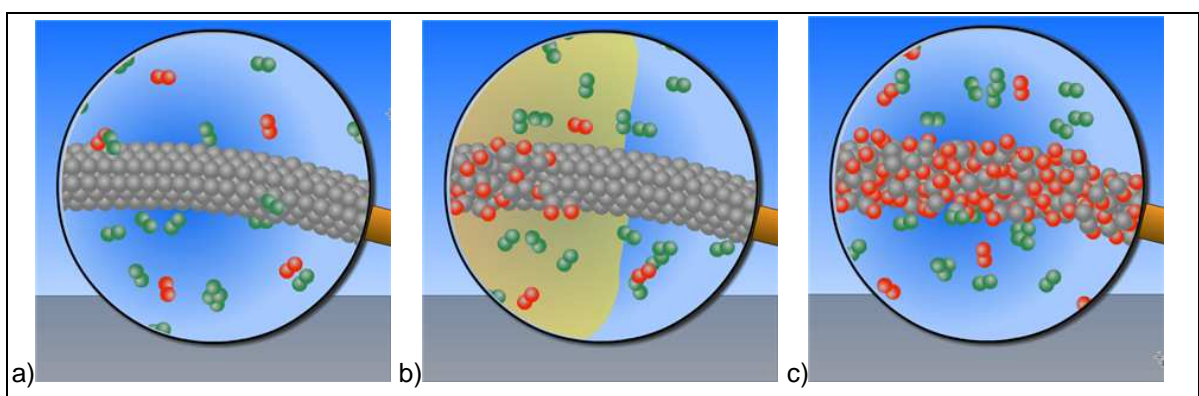


Abb. 60 a-c: Vor der Reaktion; während der Reaktion; nach erfolgter Reaktion

4.7.3 Flash-Lerngeschichte: „Die Oberflächenspannung des Wassers“ und eine ergänzende Flash-Folien-Sammlung

Ausgehend von der Fragestellung „Was versteht man eigentlich unter der Oberflächenspannung des Wassers?“ wurde eine Lerngeschichte entwickelt [L32]. Die Beantwortung der Ausgangsfragestellung erfolgt mit Hilfe zweier kurzer Videosequenzen über Büroklammerexperimente und anschließende Teilchenmodellanalysen. Die Informationsstruktur der Lerngeschichte wird hier tabellarisch in geraffter Darstellung gezeigt (in 4 Teilen).

Tabelle 8, Teil 1: Ausgangsfrage; Versuche in Videoclips, Beobachtungen, Befundvergleich.




Fragen, Kommentare, Schritte	Trickdarstellung	Didaktische Akzentuierung
<p>Was versteht man eigentlich unter der Oberflächenspannung des Wassers?</p> <p>Kann eine Büroklammer schwimmen?</p> <p>Experiment 1</p> <p>Nein!</p>	<p>Video 1 (Versuch 1)</p> 	<p>Büroklammer senkrecht eingetaucht</p>
<p>Zweiter Versuch</p> <p>Experiment 2</p> <p>Ja!</p>	<p>Video 2 (Versuch 2)</p> 	<p>Büroklammer waagrecht aufgelegt</p>
<p>Zusammenfassung der Beobachtungen</p>	<p>Zusammenfassung</p> 	<p>Gegenüberstellung bei-der Experimente</p>

Tabelle 8, Teil 2: Wechsel auf die submikroskopische Ebene




Fragen, Kommentare, Schritte	Trickdarstellung	Didaktische Akzentuierung
<p>Versuchen wir nun auf der Teilchen-ebene mit Hilfe von Modelldarstellungen die beobachteten Vorgänge zu erklären?</p>	<p>Übergang Realobjekt → Modell</p>	
<p>Überleitung zur Teilchenmodellebene</p> <p>Gedanklicher Sprung auf die submikroskopische Ebene eingeleitet</p>		<p>Fokus auf einen „Wasserausschnitt“</p>
<p>„Umschaltung“</p> <p>Erläuterungen: Wassermoleküle, Dipole, Anziehungskräfte</p>	<p>Teilchenmodell: Wasser</p> 	<p>Ausschnitt des Wasserkörpers</p>
<p>Dreidimensionale Organisation</p> <p>Erläuterungen: Vernetzung, u. a.</p>	<p>3D-Modell</p> 	<p>3D-Ausschnitt hervor-gehoben</p>

Tabelle 8, Teil 3: Erklärungen zum 1. Versuch auf der Teilchenebene.




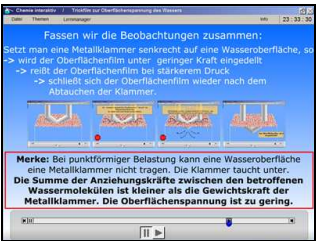
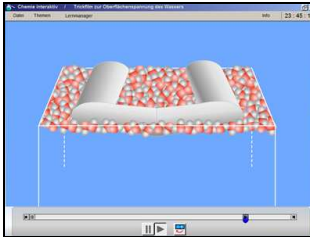
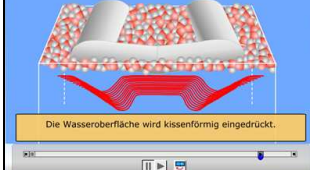
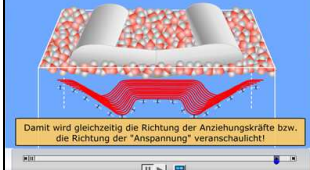
Fragen, Kommentare, Schritte	Trickdarstellung	Didaktische Akzentuierung
<p>Teilchenmodellanalyse zum Versuch 1:</p>		
<p>Warum bleiben die Wasserteilchen nicht auf einer Höhe?</p>	<p>Zu Versuch 1</p> 	<p>Die Gewichtskraft der Klammer wirkt gegen die Anziehungskräfte der Wassermoleküle.</p>
<p>Unter geringer Kraft: Oberfläche eingedrückt!</p>		<p>Punktförmiges Aufsetzen der Klammer, Beobachtung der Kräfteinwirkung</p>
<p>Unter größerer Kraft: Oberfläche reißt!</p>		<p>Klammer taucht ein.</p>
<p>Zusammenfassung</p> <p>Bei punktförmiger Belastung kann eine Wasseroberfläche eine Metallklammer nicht tragen. Die Klammer taucht unter. Die Summe der Anziehungskräfte zwischen den betroffenen Wassermolekülen ist kleiner als die Gewichtskraft der Metallklammer. Die Oberflächenspannung ist zu gering.</p>	<p>Zusammenfassung</p> 	<p>Gegenüberstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beobachtungen, - Abbildungen, - Merksätze

Tabelle 8; Teil 4: Erklärungen zum 2. Versuch auf der Teilchenebene; Beantwortung der Ausgangsfragestellung.

Fragen, Kommentare, Schritte	Trickdarstellung	Didaktische Akzentuierung
<p>Teilchenmodellanalyse zum Versuch 2:</p>		
<p>Animation zum 2. Versuch</p>		
<p>Die Klammer schwimmt zur Hälfte eingesunken auf der Wasseroberfläche.</p>	<p style="text-align: center;">Zu Versuch 2</p> 	<p>Die Gewichtskraft der Klammer wirkt gegen die Anziehungskräfte der Wassermoleküle.</p>
<p>Warum?</p>		
<p>Analyse: die Oberfläche wird kissenförmig eingedrückt.</p>		<p>Klammer schwimmt, großflächige Auflage</p>
<p>Beim wagerechten Auflegen der Klammer sind die Anziehungskräfte der Wassermoleküle groß genug, um die Klammer zu tragen. Unter der Oberflächenspannung verstehen wir die Anziehungskräfte der vernetzten Wassermoleküle. Die Oberflächenspannung ist groß genug, um die Klammer zu tragen.</p>		<p>Um die eingetauchte Klammer herum schmiegte sich der Oberflächenfilm aus Wassermolekülen.</p>

Mit diesem Flash-Medium wird der Begriff der Oberflächenspannung am Beispiel des Wassers ausgehend von der Präsentation experimenteller Befunde anhand von Teilchenanimationen systematisch veranschaulicht, erläutert und erklärt.

Implementierte Funktionen:

Über die Steuerleiste können beliebige Stellen innerhalb der Lerngeschichte angesteuert werden. Der „Lernmanager“ enthält kleine Vorschaubilder, über die man schnell und gezielt die einzelnen Abschnitte anspringen und abspielen kann.

Didaktisch-methodische Überlegungen

Im Anschluss an die durchgeführten Schülerübungen können Schülerinnen und Schüler mit dieser Lerngeschichte die Befunde, Animationen und Erläuterungen anschauen (ggfs. wiederholen) und die Fakten im Protokoll zusammenstellen. Im Vergleich zu einer analogen Lehrbucharbeit wird durch die zusätzlichen Animationen eine große Anschaulichkeit erreicht [L32] [D32].

Für die Besprechung der Schülerübungen bzw. der Selbstlernphase mit der Lerngeschichte wurde aus der Lerngeschichte zusätzlich eine Flash-Folien-Sammlung [L6][D6] erstellt, welche im Unterrichtsgespräch ggfs. leichter vom Lehrer oder auch von Schülerinnen und Schüler bedient werden kann. Inhaltlich sind dieselben Elemente wie in der Lerngeschichte enthalten; die gesamte Geschichte wurde jedoch in 5 Abschnitte geschnitten. Diese 5 Teile sind über eine immer sichtbarer Buttonleiste rechts außen aufrufbar (vgl. Abb. 61-65).



Abb. 61: Flash-Folie "Wasser"

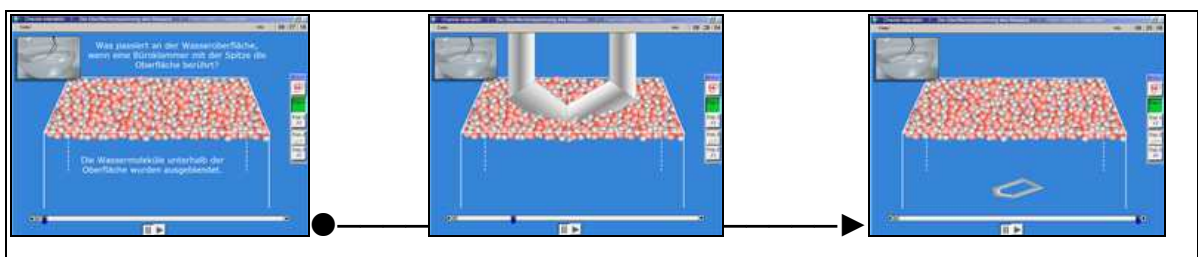


Abb. 62: Flash-Folie "Experiment 1"



Abb. 63: Flash-Info "Erläuterungen zum Experiment 1"

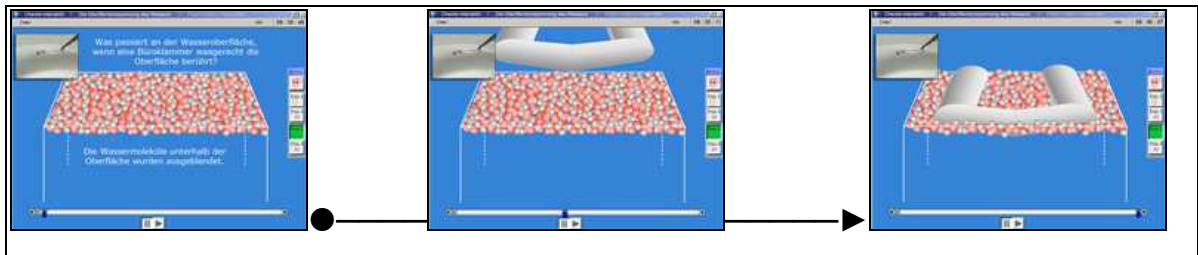


Abb. 64: Flash-Folie "Experiment 2"



Abb. 65: Flash-Info "Erläuterungen zum Experiment 2"

Diese Anordnung der Animationen im Flash-Folien-Format ist für die Abschlussbesprechung im Plenum übersichtlicher als die zusammenhängende Lerngeschichte. Vor allen Dingen lässt sich mit Hilfe der beweglichen Steuerleiste durch wiederholtes Bewegen nach links und rechts das Aufsetzen der Büroklammer deutlich zeigen und damit die unterschiedliche Wirkung der Gewichtskräfte, die „Reaktion der Wasseroberfläche“ sowie die Größe der betroffenen Wasserfläche beim senkrechten und waagerechten Aufsetzen veranschaulichen.

Wesentlich ist aber, dass die Schülerinnen und Schüler zuvor die Lerngeschichte selbstständig und im individuellen Lerntempo (mit individuell notwendigen Wiederholungen) durchgearbeitet haben und das dort erläuterte Kräfteverhältnis zwischen der Gewichtskraft der Büroklammer und den Anziehungskräften der Wassermoleküle kennengelernt haben. Zur Sicherung dieser Zusammenhänge ist die Protokollierung der Fakten innerhalb der Selbstlernphase notwendig.

4.7.4 Interaktive Flash-Animation zum virtuellen Experimentieren und Erstellen einer Spannungsreihe

Dieses Flash-Programm [L39][D39] ist ein Selbstlernmedium, mit dem Schülerinnen und Schüler in einer virtuellen Experimentierumgebung im ersten Schritt galvanische Zellen zusammenstellen und deren Spannungen messen. Im zweiten Schritt werden die gespeicherten Messwerte analysiert und daraus mit beweglichen Halbzellensymbolen eine Spannungsreihe grafisch aufgebaut.

Didaktisch-methodische Vorüberlegungen

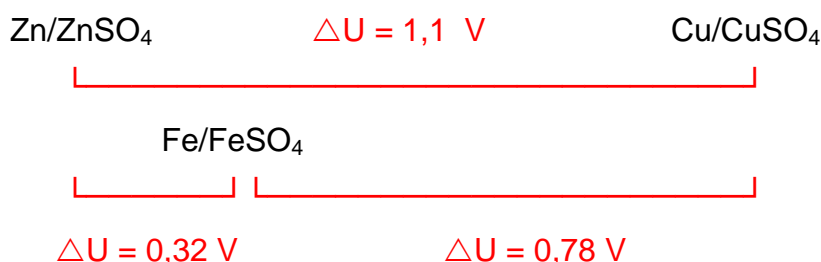
Im Unterricht wurden zuvor galvanische Elemente experimentell untersucht, deren Funktionen besprochen und die erforderlichen Fachbegriffe (Kation, Anion, Halbzelle, usw.) eingeführt. Daran anschließend wurde der Aspekt der Additivität von Spannungen beim Vergleich verschiedener Halbzellenkombinationen experimentell an wenigen galvanischen Elementen im Unterricht entwickelt. Unter Berücksichtigung molarer Lösungen könnten folgende Beispiele untersucht worden sein:

Beispiel 1: $\text{Zn}/\text{ZnSO}_4//\text{CuSO}_4/\text{Cu}$; $\Delta U = 1,1 \text{ V}$

Beispiel 2: $\text{Zn}/\text{ZnSO}_4//\text{FeSO}_4/\text{Fe}$; $\Delta U = 0,32 \text{ V}$

Beispiel 3: $\text{FeSO}_4/\text{Fe}//\text{CuSO}_4/\text{Cu}$; $\Delta U = 0,78 \text{ V}$

Daraus könnte man folgendes „Spannungs-Schema“ entwickeln:



Jetzt kann mit Hilfe des hier vorgestellten Flash-Programms eine Spannungsreihe über viele weitere Halbzellenkombinationen virtuell ermittelt werden. Dadurch wird das bisherige Hintergrundwissen angewendet, erweitert und vertieft. Darüber hinaus werden durch die interaktive Computeranimation affektive und handlungsorientierte Lernmomente bereitgestellt und gleichzeitig inhaltlich mit dem Ziel gearbeitet, die Spannungsreihe zu vervollständigen.

Informations- und Funktionsstruktur der interaktiven Flash-Animation:

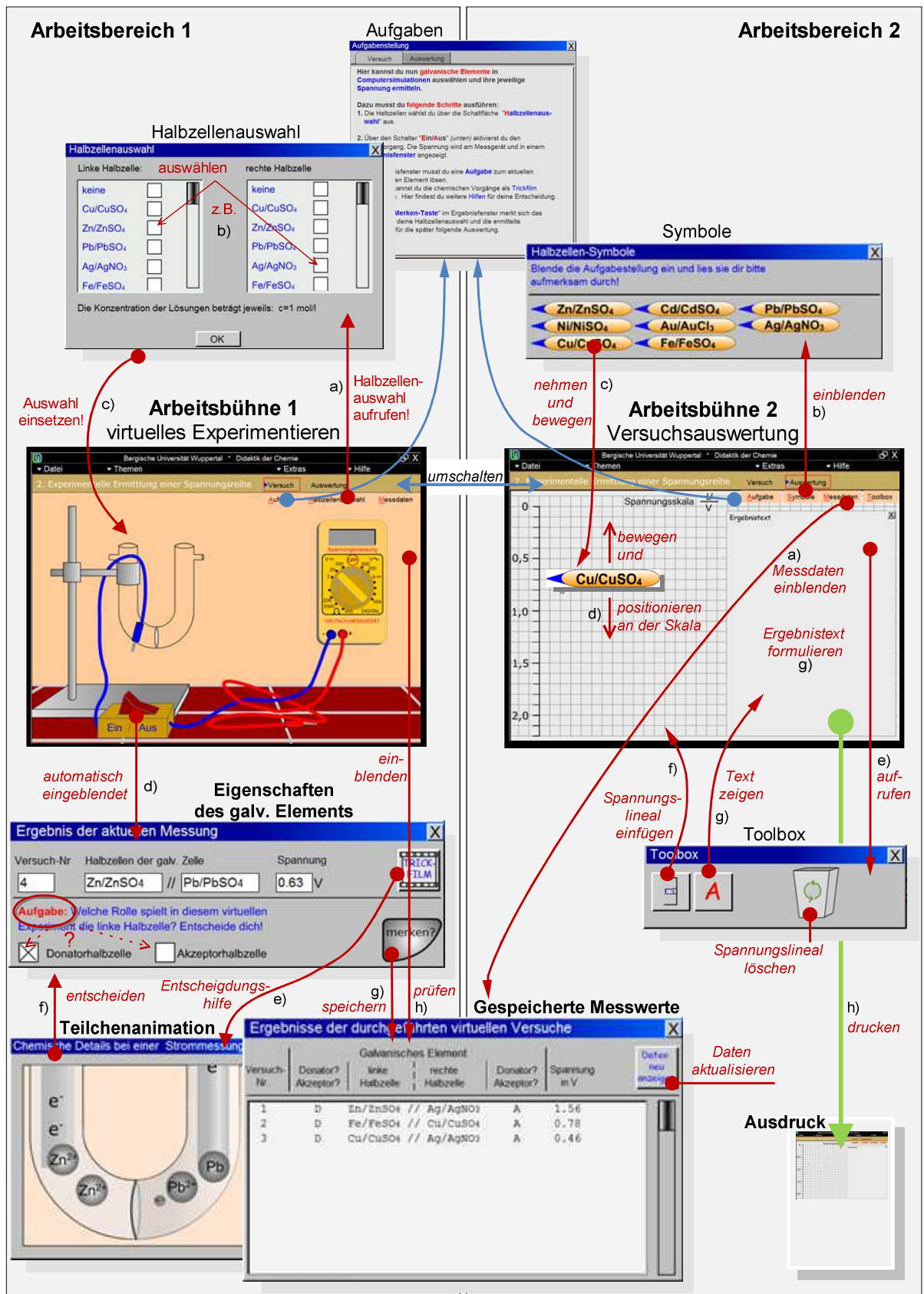


Abb. 66: Arbeitsabläufe aus der Sicht der beiden Arbeitsbühnen mit Eigenschafts- und Ergebnisfenstern in einem Beziehungsdiagramm dargestellt (Arbeitsschritte a-h jeweils in beiden Arbeitsbereichen).

Didaktisch-methodische Vorbereitungen

Die Schülerinnen und Schüler sollten vor dem Einsatz der interaktiven Animation über deren Aufbau informiert werden, z. B. in Form einer einfachen Tafelskizze:

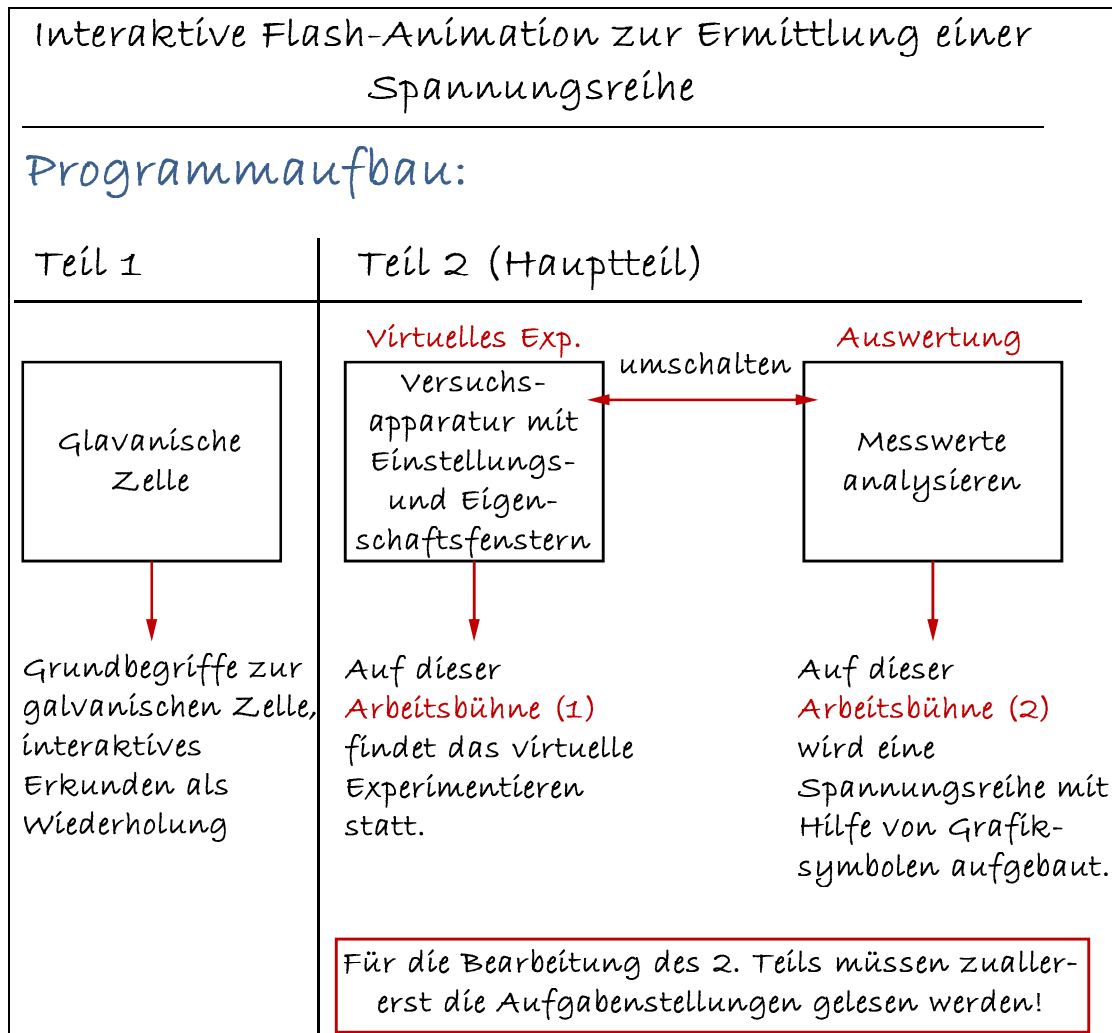


Abb. 67: Schema zum Programmaufbau der interaktiven Flash-Animation

Didaktisch-methodische Elemente des Programms

Nach der Auswahl der Halbzellen wird im Eigenschaftsfenster der aktuellen Halbzellen-Kombination neben der Zeldarstellung und der Spannung die Frage nach der Rolle der linken Halbzelle in Bezug auf eine Donator- oder Akzeptorfunktion gestellt. Hierfür müssen Schülerinnen und Schüler sich darüber klar werden, an welcher Elektrode der Oxidationsvorgang und an welcher der Reduktionsvorgang abläuft. Dies kann aus dem positiven oder negativen Wert der Spannungs-

anzeige bzw. aus der zusätzlich einblendbaren Teilchenanimation abgeleitet werden. Die Entscheidung für die Funktion der linken Halbzelle als „Donator- oder Akzeptorhalbzelle“ ist für die später folgende Auswertung erforderlich. Die Spannungsmessung wird mit dem Speichern („Merken“) abgeschlossen.

Die Aufgabenstellung fordert die Schülerinnen und Schüler auf, die Halbzelle, die gegenüber allen anderen Halbzellen als Donatorhalbzelle fungiert hat, dem Wert Null auf der Skala zuzuordnen. Jederzeit kann man aus dem Auswertungsbildschirm erneut in den Experimentierbildschirm wechseln und eine zuvor eingestellte Halbzellenkombination erneut einstellen und sich die Teilchenanimation ansehen, um die „Donator-/Akzeptor-Entscheidung“ ggfs. erneut zu treffen.

Spannungsabstände lassen sich mit Hilfe der Spannungsliniale (Werkzeuge in der Toolbox) ausmessen, um die Halbzellensymbole einfacher zuordnen zu können. Im einblendbaren Textfenster (über Toolbox einschaltbar) sollen Schülerinnen und Schüler eine Beschreibung (Ergebnisprotokoll) festhalten. Zur Sicherung der Computerarbeit sollte ein Screenshot ausgedruckt werden und in die Unterrichtsmittschrift geheftet werden.

Im Plenum erfolgt die Diskussion der Computerergebnisse.

4.7.5 Flash-Folien-Netzwerk: „Ein Fall für zwei“

In diesem Flash-Netzwerk geht es inhaltlich um die beiden Blattpigmente Chlorophyll (stellvertretend für Chlorophyll a und b, abgekürzt: Chl) und β -Carotin (abgekürzt: Car), die Untersuchung dieser einzelnen Stoffe im Tageslicht und UV-Licht und deren Zusammenwirken unter Lichteinfluss in experimentellen Untersuchungen bzw. in biologischen Systemen, eben „ein Fall für zwei“.

Die meisten Animationen dieses Projekts wurden für Lehrerinnen und Lehrer als Flash-Folien für einzelne Aspekte des Inhaltsfeldes und den Einsatz im Unterrichtsgespräch entwickelt. Neben den Flash-Folien, die den anfänglichen Überlegungen entsprechen, ausschließlich Funktionsmodelle für das Unterrichtsgespräch zu entwickeln, wurden Teilmengen der Flash-Folien zu kleinen Lernse-

quenzen innerhalb des Flash-Netzwerks zusammengefasst. Die Bezeichnung „Lernsequenz“ wird hier für eine „kleine“ Lernumgebung verwendet, die nicht den Anspruch eines Lernprogramms mit einer umfangreichen tutoriellen Führung erfüllt, jedoch aus mehreren linear kombinierten Lernschritten besteht.

Diese Flash-Folien gleichzeitig in bestimmter Kombination und Reihenfolge als Selbstlernmedien zu konzipieren, wurde dadurch möglich, dass der eigentliche Inhalt einer jeden Flash-Folie durch einblendbare Ausgangsfragestellungen (Denk- und Handlungsanstoß), durch Beobachtungs- bzw. Ergebnisaussagen und mit abzuleitenden, noch offenen und damit weiterführenden Fragestellungen ergänzt wurde. Letztere liefern den Impuls zum Weiterschreiten in der Lernsequenz. Weitere Erläuterungen erfolgen später am konkreten Beispiel (vgl. 4.7.6).

Die **inhaltliche Vorgabe** bestand darin, Animationen zu den Phänomenen bei Experimenten und Modellanimationen zu ihrer Erklärung im Rahmen folgender stofflicher Arrangements zu entwickeln:

- Chlorophyll im Tageslicht bzw. UV-Licht (Demonstration und Erklärung: Farbigkeit, Lichtabsorption und Lichtemission)
- Mischung von Chlorophyll und β -Carotin im Tageslicht bzw. UV-Licht (Demonstration und Erklärung: Effekt der Fluoreszenzlöschung)
- Mischung von Chlorophyll und β -Carotin und Bestrahlung mit Starklicht und anschließende UV-Licht-Untersuchung (Demonstration und Erklärung: photoprotektive Wirkung von β -Carotin gegenüber Chlorophyll)

Projektorganisation

Es erschien von Anfang an nicht sinnvoll und im Rahmen einer Validierung nicht konsequent richtig zu sein, einfach umgehend und schnell zu jedem der o. g. Inhaltsaspekte mit rein experimenteller Ausrichtung eine Animation zu planen und EDV-technisch zu realisieren, ohne die fachlichen Kontexte und Zusammenhänge zu eruieren und im Projekt zu berücksichtigen. Denn nur dann stehen Lehrerinnen und Lehren Materialien zur Verfügung, die ihnen selber Zusammenhänge aufzei-

gen und sie dadurch auch zur Unterrichtsverwendung dieser Materialien disponieren.

I. Fachwissenschaftliche Ebene

Zur Sachanalyse zeigt eine Concept-Map grundlegende Beziehungen auf:

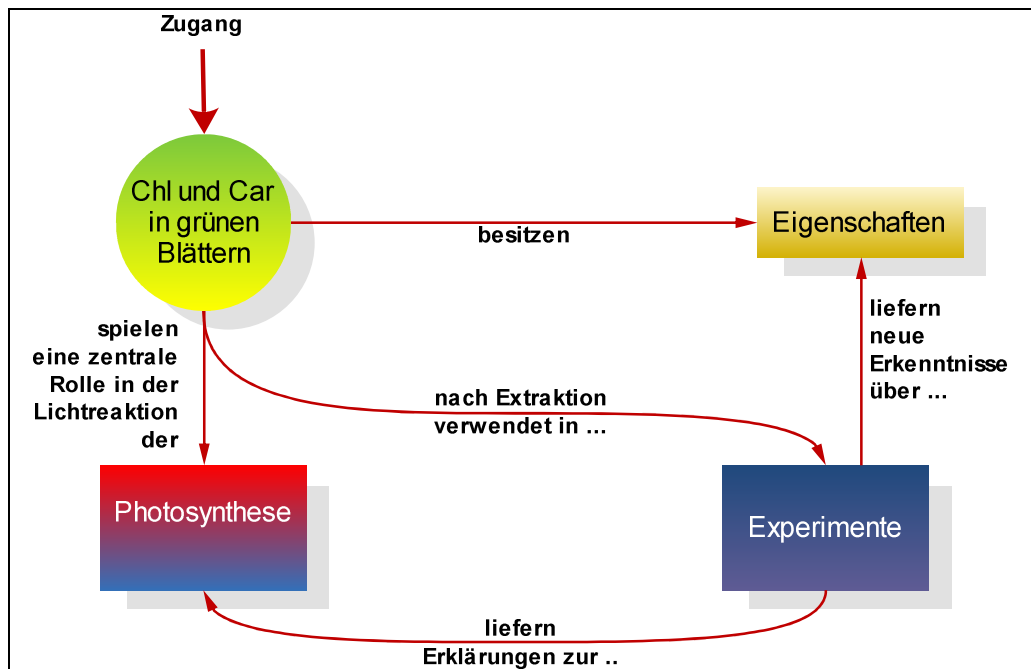


Abb. 68: Das Diagramm zeigt ein Beziehungsgeflecht zur Erkenntnisgewinnung im Projekt „Ein Fall für zwei“ (Chl=Chlorophyll a und b, Car= β -Carotin) [Eigenentwicklung]

Ausgangspunkt sind die Stoffe Chlorophyll a und b und β -Carotin, die in grünen Pflanzen enthalten und am Prozess der Photosynthese beteiligt sind. Sie besitzen bestimmte Eigenschaften, z. B. charakteristische Absorptionseigenschaften im Tageslicht.

Nach der Extraktion der Blattpigmente lassen sich physikalisch-chemische Experimente entwickeln und durchführen, die neue Erkenntnisse über die Eigenschaften der Stoffe erbringen und Modelle und Erklärungen für die Vorgänge in biologischen Systemen liefern.

II. Unterrichtsrelevanz

Die didaktische Reduktion der Fachzusammenhänge liefert unterrichtsg geeignete und unterrichtsrelevante Experimente und Fragestellungen:

- Experiment zur Tageslicht-Absorption bei Chl bzw. Car
- Experiment zur Fluoreszenz von Chl und Fluoreszenzlöschung bei einer Mischung von Chl und Car
- In den grünen Pflanzen sind Chl und Car „gemischt“ in den Photosystemen organisiert. Welche Funktionen erfüllen diese Blattpigmente „in der Mischung“?
Experiment mit einer Mischung aus Chl und Car und Tages- bzw. UV-Licht-Bestrahlung. Was passiert bei einer Starklichtbestrahlung?

Die didaktischen Überlegungen lassen sich methodisch mittels einer „Kommunikationsplattform“ - aufgebaut als Schalenmodell - präsentieren, bei dem die angestrebten Kompetenzen der Lernenden die äußere Schale im Kommunikationsprozess darstellen. Dies entspricht einer am Kompetenz-Output orientierten Vorgehensweise im Chemieunterricht.

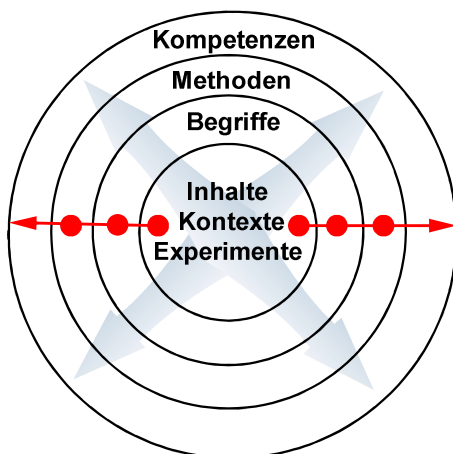


Abb. 69: Kommunikationsplattform zur Zuordnung von Inhalten, Kontexten, Experimenten, Begriffen, Methoden und Kompetenzen [Eigenentwicklung]

Inhalte und Kontext werden durch konkrete Fachtermini beschrieben und lassen sich durch charakteristische Fachmethoden darstellen (Hypothesenbildung und -überprüfung in konkreten Lehr- und Lernarrangements). Die Kombinationen aus Inhalten, Kontexten und Methoden arbeiten bestimmten Kompetenzen zu.

III. Aufstellung einer didaktisch-methodischen Kommunikationsplattform zur Validierung und Verifizierung

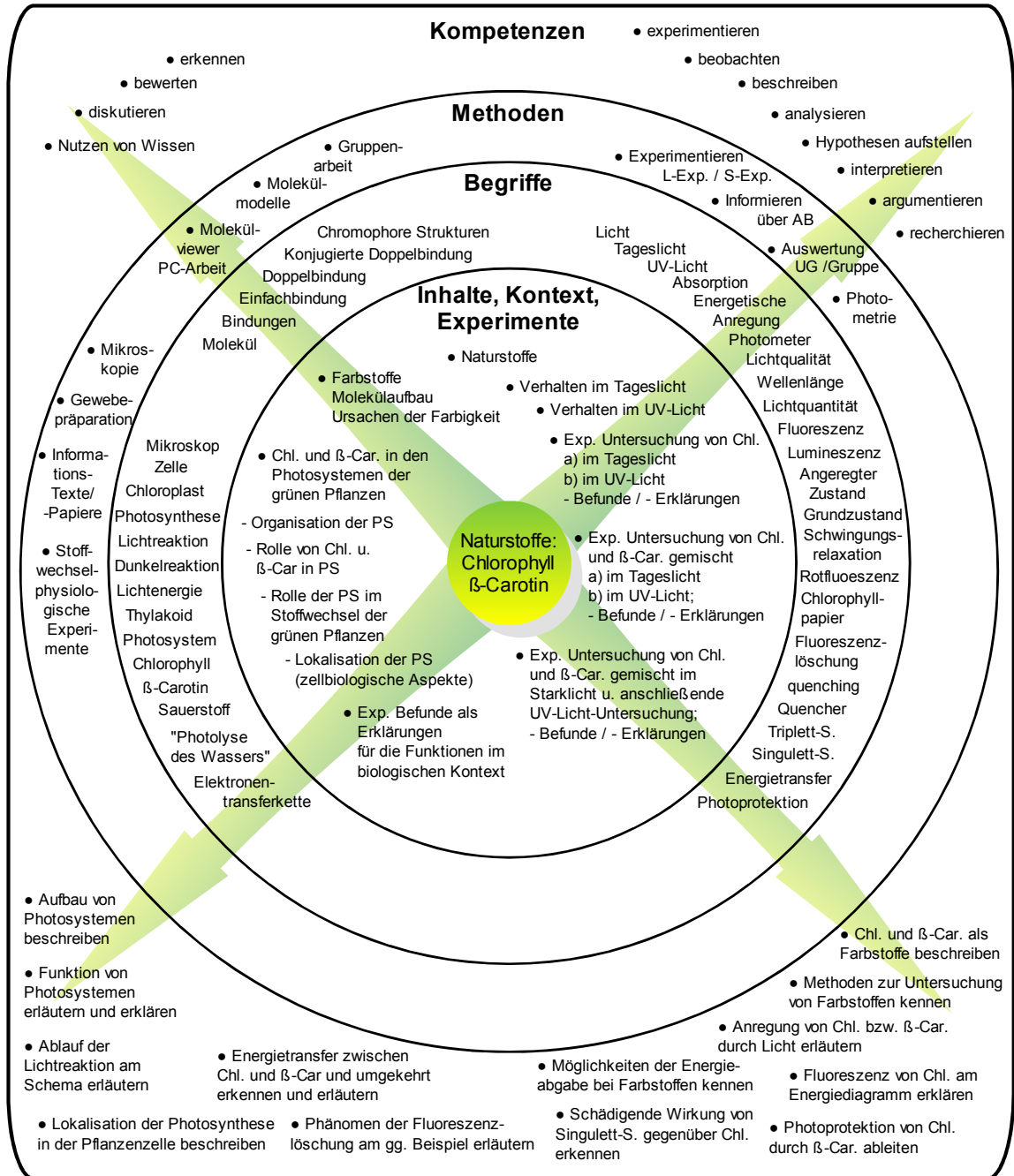


Abb. 70: Kommunikationsplattform zum Projekt „Ein Fall für zwei“ [Eigenentwicklung]

Ausgehend von den vorstrukturierten Inhalten, Kontexten und zugehörigen Begriffen werden geeignete und sinnvolle Methoden sichtbar. Aus dieser „Kommunikationsplattform“ lassen sich bezüglich der zu planenden Flash-Medien didaktisch-methodische Linien ableiten, die später in konkrete Flash-Bausteine münden (vgl.

Tabelle 9 und 10). Zugeordnete Kompetenzen dienen der Validitätsprüfung und Verifizierung.

IV. Entwicklung von Flash-Folien zum Projekt

Anhand dieser Übersicht (Abb. 70) wurden verschiedene Flash-Folien für das Unterrichtsgespräch entwickelt. Aufgrund der Vielzahl von verschiedenen Animationen kann man von einem Flash-Netzwerk sprechen [L28][D28]. Jede Flash-Folie ist über den Lernmanager (strukturierte, bebilderte Übersicht vgl. Abb. 71 und 72) zugänglich. Die Flash-Folien sind in zwei Teile (vgl. Tabelle 9 und 10) gegliedert:

Teil I: Von der Pflanze zum Photosystem – ein Zugang über den biologischen Kontext

Teil II: Farbstoffmoleküle im Fokus – ein Zugang über chemische Experimente

Tabelle 9: Flash-Folien zum Projekt „Ein Fall für zwei“ – Teil I

I. Von der Pflanze zum Photosystem	
Themen der Flash-Folien:	Arbeitsziele (kurz skizziert):
1) Moospflanze	Pflanzen im ökologischen Gefüge verstehen und begreifen
2) Moosblättchen unter dem Mikroskop	Zellulären Aufbau erkennen
3) Zellen unter dem Mikroskop	Zellgefüge erkennen
4) Chloroplasten im lichtmikroskopischen Bild	Chloroplasten, ggfs. mit Strukturen, im LM-Bild erkennen
5) Chloroplasten-Aufbau im EM	Feinstruktur (Zellorganellen) kennen
6) Thylakoidmembran u. Photosysteme	Feinbau der Membran mit integrierten lichtsensiblen Photosystemen kennen
7) Übersicht: Aufbau Photosystem I [24]	Quartärstrukturen beschreiben und Aufbau durchschauen
a) PSI im Kugelmodell	
b) Proteingerüst i. Stäbchenmodell	
c) Proteingerüst i. Cartoonmodell	
d) Proteingerüst u. β -Carotin	
e) Proteingerüst u. Car u. Chl	
f) β -Carotin u. Chlorophyll	

<p>g) „spezial pair“ im Reaktionszentrum</p> <p>8) Ein Fall für zwei Funktionsanalyse im Reaktionszentrum des PSI</p> <p>9) Intermolekularer Energietransfer (PSI)</p> <p>10) Ablauf der Lichtreaktion an der Thylakoidmembran</p>	<p>Lichtabsorption durch Car und Chl und Energietransfer im PSI erkennen und erläutern, Elektronentransfer als Folgeerscheinung erläutern</p> <p>Energietransfer an einfachen Modellen erläutern</p> <p>Integration der bisher kennengelernten Strukturen und Funktionen in der Lichtreaktion der Photosynthese verstehen, beschreiben, analysieren und quantifizieren</p>
--	--

Wurde eine der Flash-Folien des I. Teils über den Lernmanager (vgl. Abb. 71) aufgerufen, so kann über eine zweite ein- bzw. ausblendbare Menüführung unten auf jeder Flash-Folie die vorgeschlagene lineare Lernlinie verfolgt werden.



Abb. 71: Lernmanager zu Teil I: Von der Pflanze zum Photosystem. Im Verlauf der gelben Linie wird ausgehend von einer Moospflanze der Mikrokosmos systematisch bis hin zu molekularen Interaktionen in der Lichtreaktion erschlossen [L28][D28].

Tabelle 10: Flash-Folien zum Projekt „Ein Fall für zwei“ – Teil II

II. Farbstoffe im Fokus	
Themen der Flash-Folien:	Arbeitsziele(kurz skizziert):
Block I: Stoffeigenschaften	
1) Virtuelles Exp.: β -Carotin-Lösung im UV-Licht; Molekül-Animation	β -Carotin-Moleküle werden durch UV-Licht zu stärkeren Schwingungen angeregt
2) Energiediagramm für β -Carotin; Animation zur UV-Licht-Anregung	Veranschaulichung der Energieaufnahme und Energieabgabe durch Schwingungsrelaxation
3) Virtuelles Exp.: Chlorophyll-Lösung im UV-Licht; Molekül-Animation	Lösung fluoresziert; Chlorophyll-Molekül zeigt keine verstärkten Schwingungen wie β -Carotin (Abgabe von Fluoreszenzlicht wurde in dieser Teilanimation nicht berücksichtigt, s. FF 4)
4) Energiediagramm für Chlorophyll; Animation zur UV-Licht-Anregung	Veranschaulichung der Energieaufnahme und Energieabgabe durch Fluoreszenzlicht
Block II: Experimente	
5) Virtuelles Exp. 1: Ein Kürbiskernöl-Papier wird mit UV-Licht bestrahlt a) Tageslicht b) UV-Licht	Im Tageslicht erscheint das Kürbiskernöl-Papier grün, im abgedunkelten Raum ist unter UV-Licht rotes Fluoreszenzlicht zu sehen.
6) Teilchenanimation zum Exp. 1: a) Tageslicht b) UV-Licht	Chlorophyll-Moleküle absorbieren aus dem weißen Tageslicht den roten und blauen Spektralanteil, der grüne Anteil wird nicht absorbiert. Unter UV-Licht senden Chlorophyll-Moleküle rotes Fluoreszenzlicht aus.
7) Erklärungsanimationen zum Exp. 1: a) interaktives einfaches Photometer b) Absorptionsspektrum von Chl	Aufbau eines Photometers kennen; verschiedene Lichtqualitäten werden unterschiedlich absorbiert Kurve beschreiben

<p>8) Erklärungsanimation 2 zum Exp. 1: Energiestufenmodell-Animation im Tageslicht- bzw. Im UV-Licht</p> <p>-----</p>	<p>Anregung und Energieabgabe unter Tageslicht- bzw. UV-Licht-Bedingungen erklären;</p> <p>-----</p>
<p>9) Virtuelles Exp. 2: Ein Kürbiskernöl-Papier mit β-Carotin-Fleck wird mit UV-Licht bestrahlt a) Tageslicht b) UV-Licht</p>	<p>Im UV-Licht wird an der Stelle des β-Carotin-Flecks die Fluoreszenz „gelöscht“.</p>
<p>10) Teilchenanimation zum Exp. 2: a) Tageslicht b) UV-Licht</p>	<p>Chlorophyll-Moleküle absorbieren im UV-Licht, sie geben kein Fluoreszenzlicht ab, die absorbierte Energie wird auf β-Carotin-Moleküle transferiert; letztere geben diese Transferenergie durch Schwingungsrelaxation ab.</p>
<p>11) Erklärungsanimationen zum Exp. 2: Energiestufenmodell-Animation</p> <p>-----</p>	<p>Energietransfer zwischen Chl und Car erläutern und erklären</p> <p>-----</p>
<p>12) Virtuelles Exp. 3: Ein Kürbiskernöl-Papier mit β-Carotin-Fleck wird 2 Minuten mit Starklicht bestrahlt u. unter UV-Licht begutachtet.</p>	<p>Starklicht zerstört Chlorophyll, β-Carotin schützt es, da im Bereich des β-Carotin-Flecks eine schwache Fluoreszenz vorhanden ist</p>
<p>13) Teilchenanimation zum Exp. 3: a) Starklichtbestrahlung b) Tageslicht-Begutachtung c) UV-Licht-Begutachtung</p>	<p>Unter Starklicht bildet sich aus Chl im Grundzustand Chl im Triplett-Zustand. Dieses Chl (T1) überträgt die Anregungsenergie auf Triplett-Sauerstoff; Chl (T1) geht dadurch wieder den Grundzustand über Chl (S₀); aus dem Triplett-S. entsteht Singulett-S. im angeregten Zustand; dieser zerstört Chlorophyll-Moleküle; β-Carotin-Moleküle übernehmen die Energie des Singulett-S. und geben diese durch Schwin-</p>

<p>14) Erklärungsanimationen zum Exp. 3: Energienstufenmodell-Animation</p>	<p>gungsrelaxation ab; aus dem Singulett-S. entsteht wieder Triplett-S. Damit wirkt β-Carotin gegen über Chlorophyll unter Starklichtbedingungen indirekt als Protektor.</p> <p>Energietransfer zwischen Chl (T1) und O_2 (To), zwischen O_2 (S1) und Car (So) erläutern und erklären und daraus die photoprotektive Wirkung des β-Carotins ableiten.</p>
<p>Block III: Kontexte und Integration experimenteller Befunde:</p>	
<p>15) Aufbau und Organisation des PSII</p>	<p>Räumliche Vorstellung über die Quartärstruktur des PSII entwickeln</p>
<p>16) Aufbau und Organisation des PSI</p>	<p>Räumliche Vorstellung über die Quartärstruktur des PSI entwickeln</p>
<p>17) Ein Fall für zwei Funktionsanalyse im Reaktionszentrum des PSI</p>	<p>Lichtabsorption durch Moleküle im PSI und Energietransfer zwischen den Molekülen erkennen und erläutern, Elektronentransfer als Folgeerscheinung im Reaktionszentrum erläutern</p>
<p>18) Intermolekularer Energietransfer im PSI und einfache Modellanimation zum Energietransfer</p>	<p>Energietransfer an einfachen Modellen und den Start der Redoxkette erläutern und erklären</p>
<p>19) Biologische Bedeutung der untersuchten Phänomene: Ablauf der Lichtreaktion an der Thylakoidmembran</p>	<p>Notwendigkeit des Zusammenspiels von β-Carotin und Chlorophyll in biologischen Systemen erläutern und erklären</p>

Über diese Flash-Folien II/5-14 stehen Lehrerinnen und Lehrern digitale Medien zur Auswertung der Lehrer- bzw. Schülerexperimente im Unterrichtsgespräch zur Verfügung. Die Befunde der drei Experimente werden in virtuellen Darstellungen wiederholend gezeigt. Über die jeweils folgende Teilchenanimation können Schülerinnen und Schüler die Befunde analysieren und Erklärungen formulieren. In der jeweils dritten Flash-Folie zum Experiment sind Erklärungsmodelle auf der Basis von Energiediagrammen vorhanden. Hiermit werden die Erklärungen auf der Grundlage der Teilchenanimationen formell festgeschrieben.

Die Flash-Folien II/1-4 und II/15-18 enthalten ergänzendes Animationsmaterial, einmal zum Erarbeiten des Zusammenhangs zwischen dem Molekülbau und den Absorptionseigenschaften von Chlorophyll und β -Carotin und zum anderen zum fächerübergreifenden Kontext der biologischen Funktion und Organisation von Chlorophyll und β -Carotin in den Photosystemen der grünen Pflanzen.

Der „Lernmanager“ liefert eine Übersicht über die Flash-Folien und dient zur schnellen Navigation.

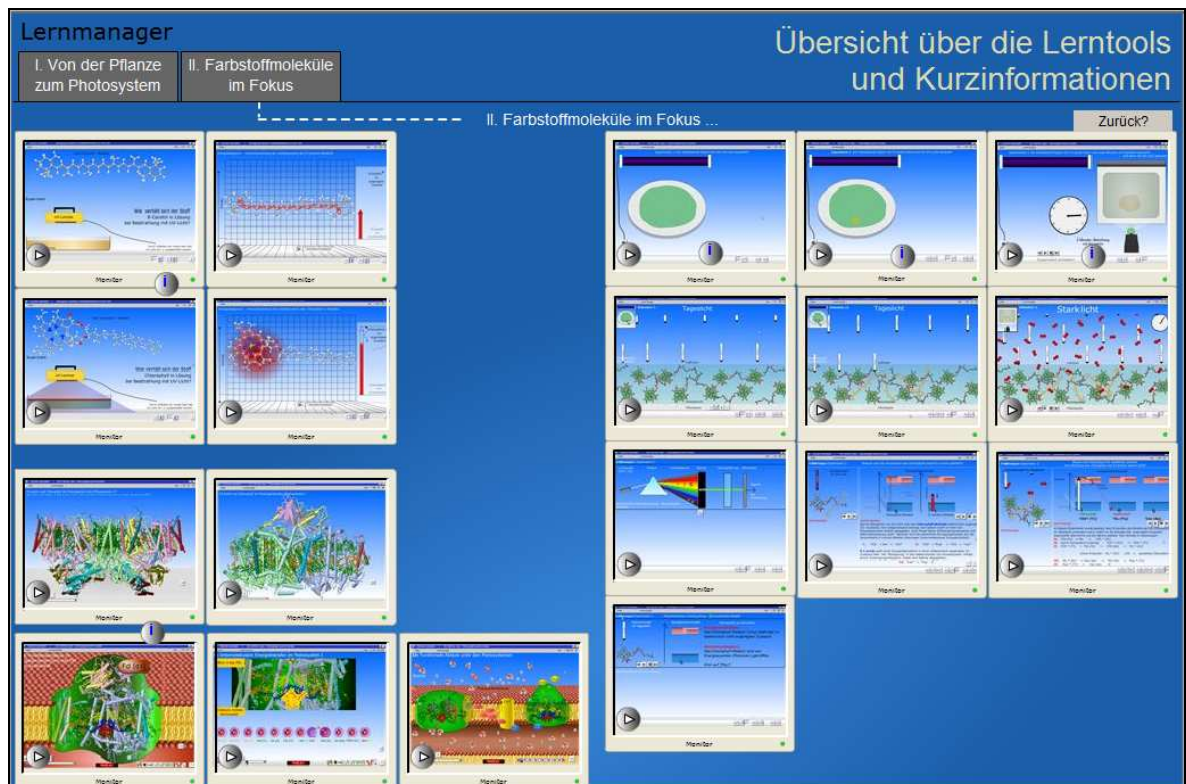


Abb. 72: Lernmanager zu Teil II: Farbstoffe im Fokus. Rechts oben zu den Experimenten: FF 5-14; Links oben und links unten ergänzendes Material: FF 1-4 und FF 15-19.

4.7.6 Lernsequenzen – Extrakte des Flash-Netzwerks

4.7.6.1 Lernsequenz: „Untersuchung von Chlorophyll und β -Carotin im Tageslicht und UV-Licht“

Dieses Arrangement enthält die folgenden Folien aus dem Projekt „Ein Fall für zwei“:

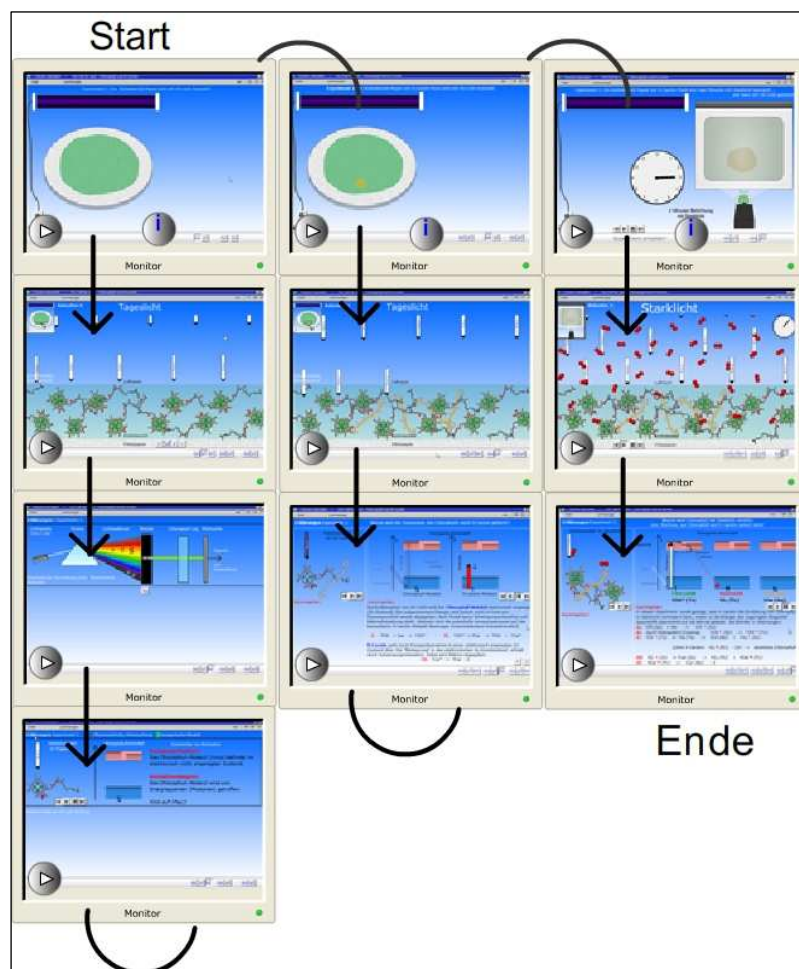


Abb. 73: Übersicht über die Lernsequenz und Arbeitsreihenfolge. Über die Play-Buttons in jedem Vorschau-Bild wird die jeweilige Flash-Folie aufgerufen.

Mit dieser Lernsequenz können Schülerinnen und Schüler selbstständig die Unterrichtsexperimente zur Untersuchung von Chlorophyll und β -Carotin bei Bestrahlung mit Tageslicht bzw. UV-Licht wiederholen und die Erklärungen der vorgestellten Phänomene anhand von Teilchenanimationen erarbeiten und ableiten [L47] [D47]. Wie oben in Kapitel 4.7.5 bereits angesprochen, wird der Lernprozess der

Schülerinnen und Schüler durch die einblendbaren Fragestellungen, Beobachtungen und weiterführende Fragestellungen zu jeder Flash-Folie gemanagt.

Vom Lehrer müssen die Schülerinnen und Schüler auf die Praxis im Umgang mit dieser Lernsequenz z. B. nach folgendem Schema hingewiesen werden (Arbeitsorganisation / Tafelskizze):

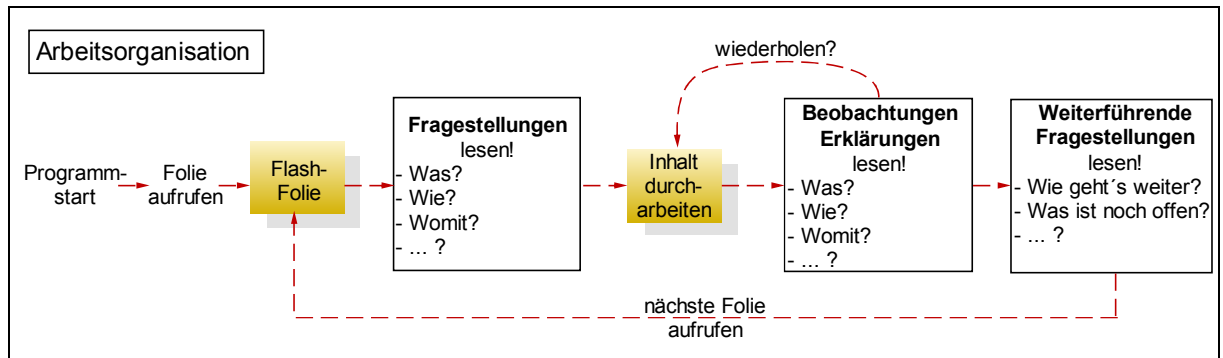


Abb. 74: Ablaufschema für die Lernsequenz. Die weißen Quadrate repräsentieren die im Text genannten einblendbaren Fenster mit entsprechenden Informationen.

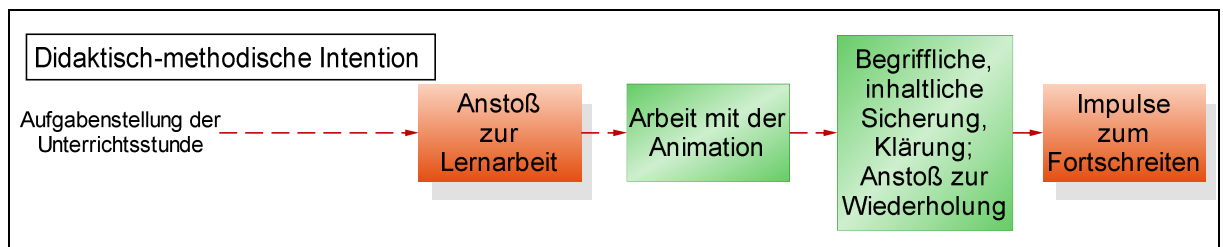


Abb. 75: Didaktisch-methodische Sicht - parallele Betrachtung zum vorhergehenden Schema.

Die Steuerung der Lernsequenz geschieht entweder über den Lernmanager (vgl. Abb. 73) oder über die Button-Leiste (Abb. 76) auf jeder Lernseite unten rechts am Bildschirmrand. Darüber lassen sich die Experimente (Exp.1-3), die (Teilchen-) Animationen (Ani1-3) und die Erklärungen (Ekl1-3) aufrufen und schnell miteinander vergleichen. Dabei bleiben die Einstellungen jeweils erhalten.



Abb. 76: Button-Leiste zur Navigation innerhalb der Lernsequenz.

4.7.6.2 Lernsequenz: „Von der Pflanze zum Photosystem“

Mit Hilfe dieser Lernsequenz [L46][D46] können Schülerinnen und Schüler die Lichtreaktion der Photosynthese erarbeiten. Ausgehend vom lichtmikroskopischen Bild der Pflanzenzellen eines Moosblättchens werden der Ort der Lichtreaktion und der Aufbau des Photosystems I (PSI) mit Chlorophyll und β -Carotin erschlossen.

In vereinfachten Animationen werden die Rollen von Chlorophyll und β -Carotin bei der Absorption von Lichtenergie, der Energietransfer im Photosystem und der dadurch initiierte Elektronentransfer (Redoxkette) veranschaulicht. Abschließend wird die Topologie der an der Lichtreaktion beteiligten membrangebundenen Komponenten gezeigt und deren Funktionen im Gesamtprozess der Lichtreaktion animiert und quantifiziert dargestellt.

Der geplante Lernprozess wird hier ebenfalls durch einblendbare Fenster mit Fragestellungen, Beobachtungen, Erklärungen und weiterführenden Fragen organisiert. Über das Menü am unteren Bildschirmrand (ein- bzw. ausblendbar) navigiert man innerhalb der Lernsequenz oder alternativ über den Lernmanager (vgl. Abb. 77).

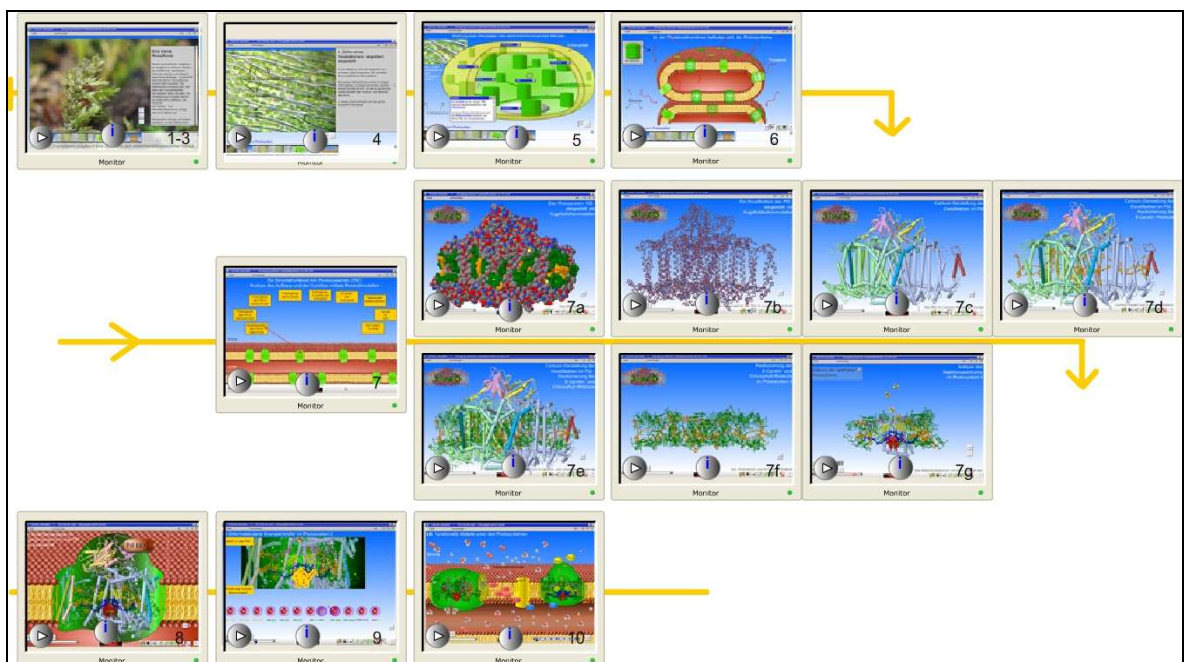


Abb. 77: Die Reihenfolge der Arbeitsschritte gibt die gelbe Linie vor. Diese Darstellung entspricht dem Layout des Lernmanagers. Diese Reihenfolge ist ebenfalls im Menü unten am Bildschirmrand fixiert.

4.7.7 Flash-Animation im Schülerpraktikum: „Untersuchung von Chlorophyll und β -Carotin im Tageslicht und UV-Licht“

Dieses Flash-Medium ist eine verkleinerte Variante der entsprechenden Lernsequenz (vgl. 4.7.6.1). Das Programmpaket enthält nur die virtuellen Experimente und die Teilchenanimationen. Die Erklärungsanimationen wurden herausgelöst. Die zugrunde liegende Idee besteht darin, Schülerinnen und Schüler nach den durchgeführten Schülerversuchen mit entsprechenden Befunderhebungen innerhalb jeder Schülergruppe (Versuchsgruppe) nun mit Hilfe der Teilchenanimationen Erklärungen ableiten und formulieren zu lassen. Die notwendigen Arbeitsanleitungen muss der Fachlehrer entsprechend seiner Zielsetzung und Rahmenbedingungen erteilen. Das Programmpaket hat die folgende Struktur:

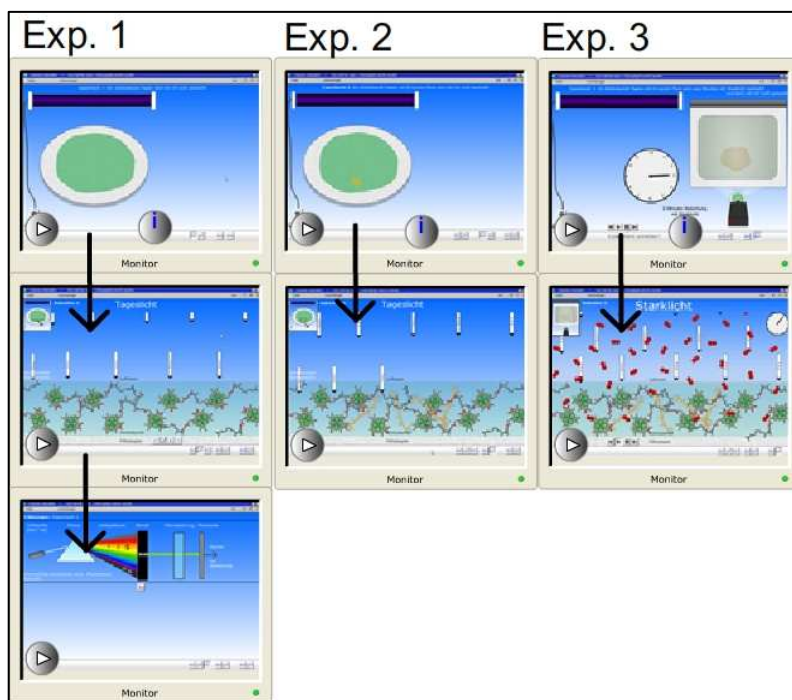


Abb. 78: Übersicht über das Programmpaket.

Es lassen sich die Versuche virtuell darstellen und die jeweiligen Teilchenanimationen abspielen.

Im Anschluss an die PC-gestützte Praktikumsauswertung können Lehrerinnen und Lehrer mit den Schülerinnen und Schülern anhand des Hauptprogramms (vgl. 4.7.5) Schülererklärungen diskutieren und mit Hilfe der Energiediagramme begründen, vertiefen und absichern.

4.8 Übersicht der Lehr- und Lerntools und curriculare Zuordnungen

Die folgende Liste gibt einen Überblick über die verschiedenen Lehr- und Lernbausteine, gegliedert nach lernmethodischen Gesichtspunkten (s. Inhaltsüberblick). Die verschiedenen Medientypen wurden in die Unterkapitel 4.8.1 – 4.8.8 gegliedert und mit den entsprechenden Benennungen und Abkürzungen versehen. Bilinguale Anwendungen wurden mit Grafiksymbolen gekennzeichnet.

Inhaltsüberblick:

- 4.8.1 Flash-Folien (**FF**) und Flash-Infos (**FI**)
- 4.8.2 Flash-Lerngeschichten (**FLG**) und interaktive Lerngeschichten (**IFLG**)
- 4.8.3 Interaktive Flash-Animation (**IFA**)
- 4.8.4 Flash-Aufgaben (**FAuf**)
- 4.8.5 Flash-Lernprogramme (**FLP**) und Flash-Lernsequenzen (**FLS**)
- 4.8.6 Flash-Animationen im Schülerpraktikum (**FAP**)
- 4.8.7 Hypermedia-Lernnetz (**HMLN**)
- 4.8.8 3D-Molekül-Viewer (**3DM**)

4.8.1 Flash-Folien (FF) und Flash-Infos (FI)

1. Teilchenmodell zum Wasser (FF)	
	<p>Die Animation präsentiert Wasserteilchen und ihre Wechselwirkungen untereinander im Stoff Wasser.</p> <p>Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der Ionenbindung und der polaren Elektronenpaarbindung.</p> <p>[L 1] [D 1]</p>

2. Teilchenmodelle von Eis und Wasser (FI)

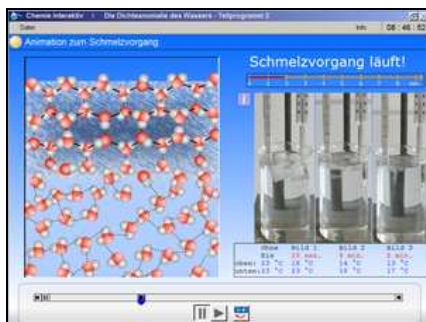


Das Flash-Programm zeigt und erläutert die Organisation der Wasserteilchen im Eis und im Wasser.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung.

[L 2] [D 2]

3. Der Schmelzvorgang von Eis in einer Teilchenanimation (FF)

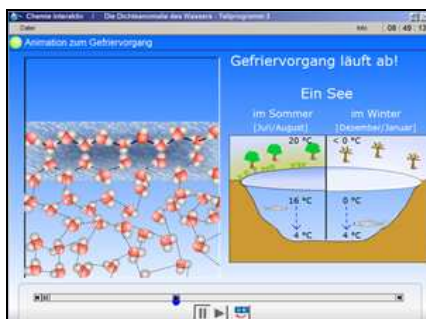


Das Flash-Programm zeigt in einer Teilchenanimation das „Zusammenbrechen“ der Eiskristallstruktur beim Schmelzen.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung.

[L 3] [D 3]

4. Der Gefriervorgang von Wasser in einer Teilchenanimation (FF)



Das Flash-Programm zeigt in einer Teilchenanimation den Aufbau einer geordneten Eiskristallstruktur beim Gefrieren von Wasser.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung

[L 4] [D 4]

5. Was ist „anomal“ am Stoff Wasser? (FI)

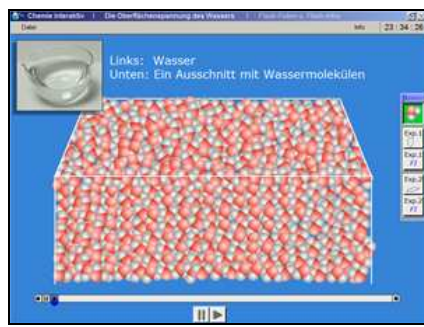


Das Flash-Programm präsentiert Teilchenmodelle von Eis, Wasser und Wasserdampf, vergleicht physik. Eigenschaften der Aggregatzustände und leitet die Dichteanomalie des Wassers ab.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung

[L 5] [D 5]

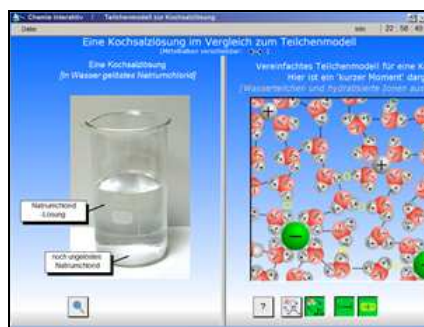
6. Die Oberflächenspannung des Wassers in Teilchenanimationen (FI)



Das Flash-Programm zeigt Phänomene zur Oberflächenspannung des Wassers und erläutert sie mit kommentierten Experimenten und Teilchenmodellen.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung. [L 6] [D 6]

7. Teilchenmodell zur Salzlösung (FF)



Die Animation präsentiert die Stoffteilchen einer Kochsalzlösung und ihre Wechselwirkungen untereinander.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der Ionenbindung und der polaren Elektronenpaarbindung. [L 7] [D 7]

8. Auflösung von Kochsalz unter dem Binokular (FF)



Die Animation zeigt eine steuerbare Diafolge über die kontinuierliche Auflösung von Kochsalzkristallen unter dem Binokular

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der Ionenbindung und der polaren Elektronenpaarbindung.

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie). Reine Phänomenpräsentation. [L 8] [D 8]

9. Teilchenmodell zur Auflösung eines NaCl-Kristalls in Wasser (FF)

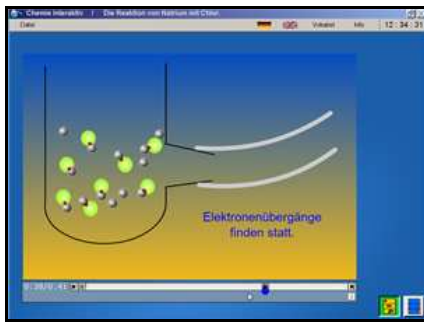


Die Animation zeigt die Wechselwirkung zwischen Wassermolekülen und den Ionen im NaCl-Gitter während des Auflösungs Vorgangs.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der Ionenbindung und der polaren Elektronenpaarbindung. [L 9] [D 9]

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie). Reine Phänomenpräsentation / Stoffteilchen - Wechselwirkungen.

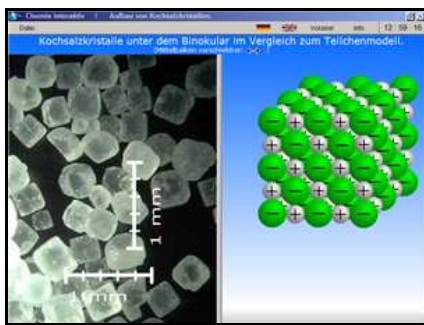
10. Reaktion von Natrium mit Chlor (FI und FF)



Das Programm zeigt die Reaktion im Videoclip (FF) und eine kommentierte Teilchenanimation (FI) zur Ionenbildung und Ionenbindung inkl. energetischer Aspekte.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Zur Einführung der Ionenbindung [L 10] [D 10]

11. Aufbau von Kochsalzkristallen (FF bzw. FI)



Das Programm veranschaulicht am „split screen“ Kochsalzkristalle unter dem Binokular und das NaCl-Ionengitter. Mit interaktiven Funktionen lässt sich das Ionengitter analysieren.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Ionenbindung.

[L 11] [D 11]

12. NaCl-Synthese im Videoclip I (FF bzw. FI)

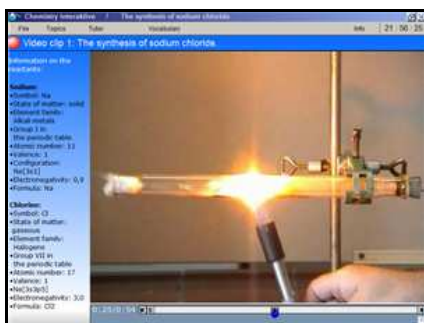


Der Videoclip zeigt den Versuch zur NaCl-Synthese mit Gasentwickler und Verbrennungsrohr.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Ionenbildung, Ionenbindung.

[Diese FF ist Teil einer Animationssammlung. Lernmager → 2. Videoclip] [L 12] [D 12]

13. NaCl-Synthese im Videoclip II (FF)



Der Videoclip zeigt den Versuch zur NaCl-Synthese mit Fokus auf das Verbrennungsrohr.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Ionenbildung, Ionenbindung.

[Diese FF ist Teil einer Animationssammlung. Lernmager → 1. Videoclip] [L 12] [D 12]

14. NaCl-Synthese im Videoclip III (FF)  

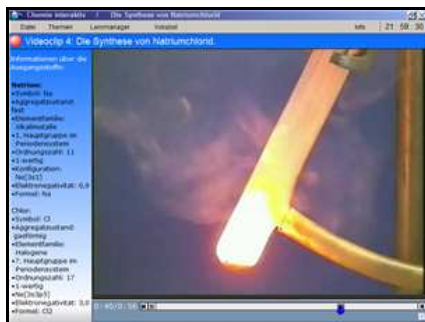


Der Videoclip zeigt den Versuch zur NaCl-Synthese im Reagenzglas verbunden mit einem Kolbenprober mit Chlorgas.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Ionenbildung, Ionenbindung.

[Diese FF ist Teil einer Animationssammlung. Lernmager → 3. Videoclip] [L 12] [D 12]

15. NaCl-Synthese im Videoclip IV (FF)  

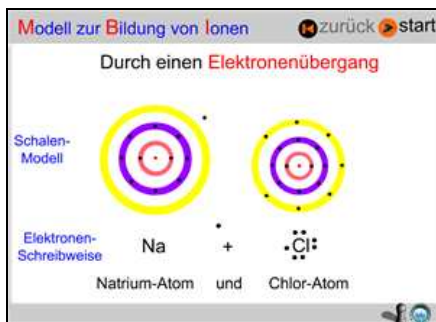


Der Videoclip zeigt den Versuch zur NaCl-Synthese im Reagenzglas.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Ionenbildung, Ionenbindung.

[Diese FF ist Teil einer Animationssammlung. Lernmager → 4. Videoclip] [L 12] [D 12]

16. Ionenbildung (FF)



Die Animation zeigt den Elektronenübergang zwischen Na- und Cl-Atomen bei der Bildung von Ionen.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Ionenbildung, Ionenbindung.

[L13] , Bestandteil von [L50]

17. Das Periodensystem der Elemente (FF bzw. FI)

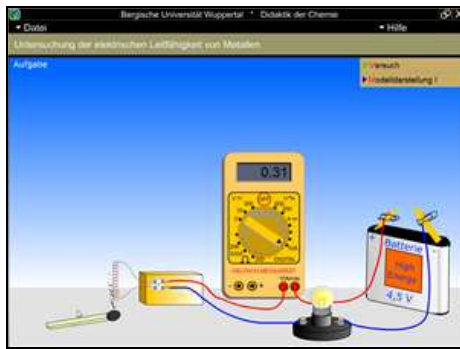


Dieses interaktive PSE enthält physikalische und atombaurelevante Daten. Ein kleines Glossar und ein Aufgabenblock ergänzen das PSE.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr). Atombau, Bindungen.

[L14] [D14]

18. Stromleitung in Metallen I (FF)

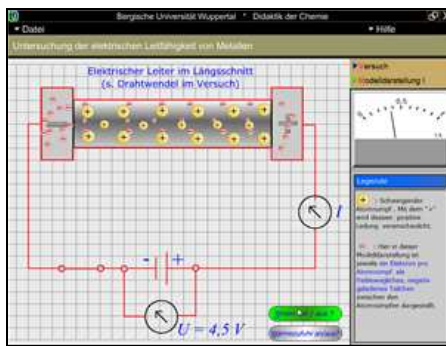


In einem interaktiven Versuch wird die Leitung des elektrischen Stroms in Metallen bei Raumtemperatur und bei Erwärmung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr Chemie). Abfragen von physik. Wissen, vorbereitend zur Elektrolyse.

[L15] [D15]

19. Stromleitung in Metallen II (FF)

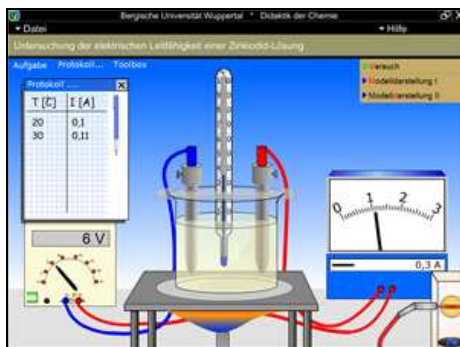


In einer interaktiven Modelldarstellung wird die Leitung des elektrischen Stroms in Metallen bei RT und Erwärmung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr Chemie). Abfragen von physik. Wissen, vorbereitend zur Elektrolyse.

[L15] [D15]

20. Stromleitung in Lösungen I (FF)

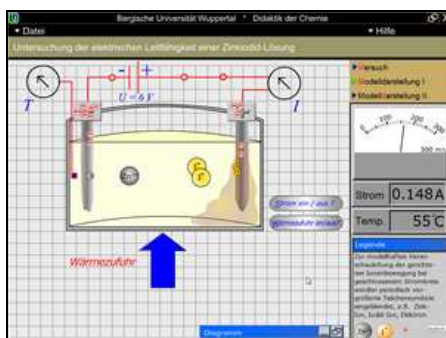


In einem interaktiven Versuch wird die Leitung des elektrischen Stroms in einer Lösung bei RT und Erwärmung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr Chemie). Elektrolyse.

[L16] [D16]

21. Stromleitung in Lösungen II (FF)

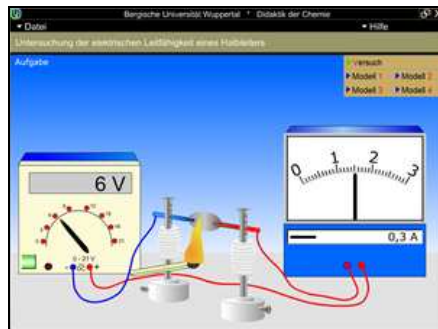


In einer interaktiven Modelldarstellung wird die Leitung des elektrischen Stroms in einer Lösung bei RT und Erwärmung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (ab 2. Jahr Chemie). Elektrolyse.

[L16] [D16]

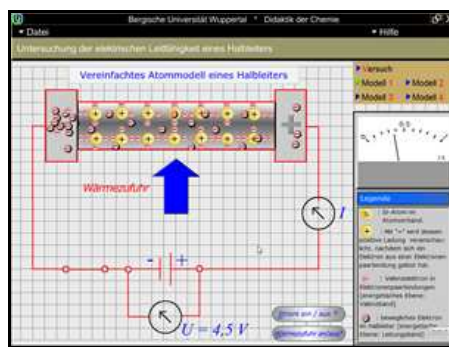
22. Stromleitung in Halbleitern I (FF)



In einem interaktiven Versuch wird die Leitung des elektrischen Stroms in Halbleitern bei RT und Erwärmung veranschaulicht.

Oberstufe, Studium. Elektrochemie, Vom Blattgrün zum Farbmonitor [17][19][20] [L17] [D17]

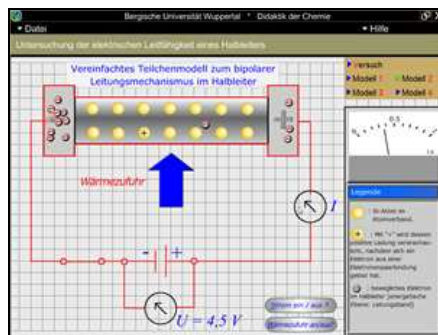
23. Stromleitung in Halbleitern II (Variante 1) (FF)



In einer interaktiven Modelldarstellung wird die Leitung des elektrischen Stroms in Halbleitern bei RT und Erwärmung veranschaulicht.

Oberstufe, Studium. Elektrochemie, Vom Blattgrün zum Farbmonitor [17][19][20] [L17] [D17]

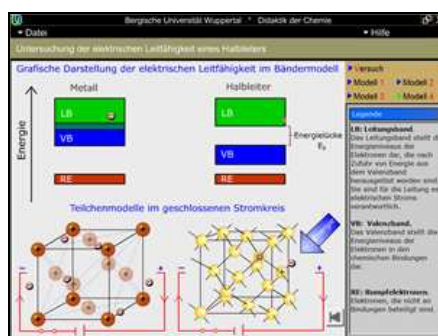
24. Stromleitung in Halbleitern II (Variante 2) (FF)



In einer interaktiven Modelldarstellung wird die Leitung des elektrischen Stroms in Halbleitern bei RT und Erwärmung veranschaulicht (Hopping-Vorgang hervorgehoben).

Oberstufe, Studium. Elektrochemie, Vom Blattgrün zum Farbmonitor [17][19][20] [L17] [D17]

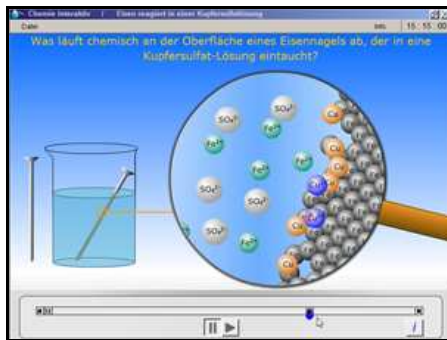
25. Stromleitung in Halbleitern II (Variante 3) (FF)



In einer interaktiven Modelldarstellung wird die Leitung des elektrischen Stroms in Halbleitern bei RT und Erwärmung veranschaulicht. (Vergleich: Metall mit Halbleiter im Teilchenmodell und Energiebändermodell).

Oberstufe, Studium. Elektrochemie, Vom Blattgrün zum Farbmonitor [17][19][20] [L17] [D17]

26. Eisen reagiert in einer Kupfersulfatlösung (FF)

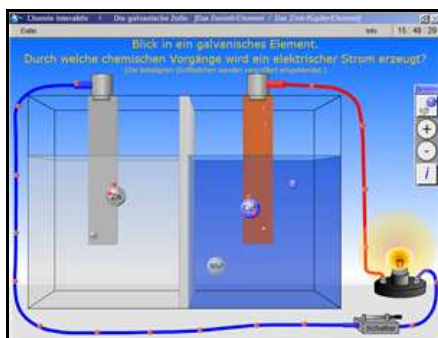


In einem virtuellen Versuch und in einer Teilchenanimation wird die Reaktion von Eisen in einer Kupfersulfatlösung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Redoxreaktionen.

[L18] [D18]

27. Funktion einer galvanischen Zelle (FF)



Aufbau und Funktion eines galvanischen Elements werden in einer Animation vorgestellt. Dabei werden die Teilvorgänge an den Metalloberflächen mit Teilchenmodellen im geschlossenen Stromkreis veranschaulicht.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Redoxreaktionen.

[L19] [D19]

28. Aufbau und Funktion einer Zink-Kohle-Batterie (FF)

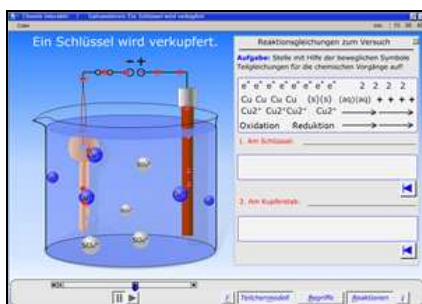


Am aufgeschnittenen Batteriemodell werden mit überlagerten Teilchenmodellen Redoxreaktionen und der Elektronenfluss im geschlossenen Stromkreis veranschaulicht.

Oberstufe Elektrochemie.

[L20] [D20]

29. Ein Schlüssel wird verkupfert (FF)

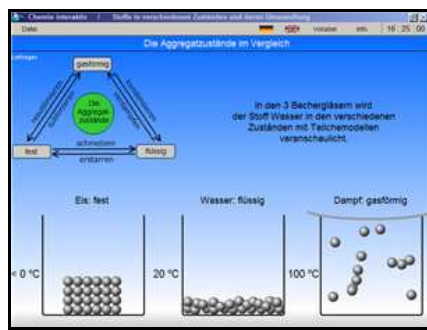


In einem virtuellen Versuch und mittels Teilchenanimationen wird das Galvanisieren veranschaulicht. Am interaktiven Board lassen sich Reaktionsgleichungen aufstellen.

Klasse 9/10 Metallüberzüge, Galvanisieren

[L21] [D21]

30. Aggregatzustände im Vergleich und ihre Übergänge (FF / FI)

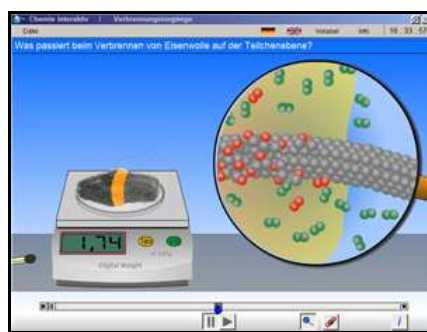


Mit einem vereinfachten Teilchenmodell (1 Stoffteilchen = 1 Kugelteilchen) werden die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig sowie ihre Übergänge untereinander veranschaulicht.

Enthalten sind insgesamt 9 Flash-Folien.

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie). [L22] [D22]

31. Verbrennung von Eisenwolle (FF)

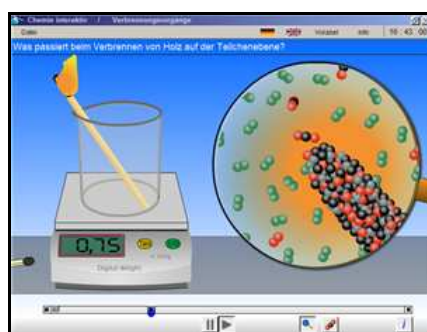


In der Splitscreen-Darstellung werden die Verbrennung von Eisenwolle im Trickfilm und parallel dazu die Reaktion mit Teilchenmodellen präsentiert.

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie).

[L23] [D23]

32. Verbrennung von Holz (FF)

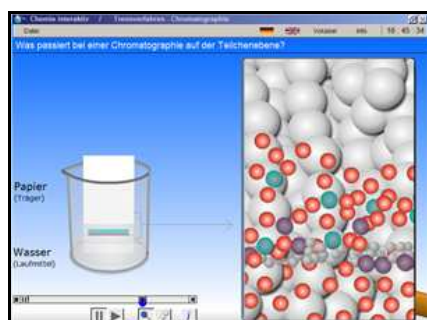


In der Splitscreen-Darstellung werden die Verbrennung von Holz im Trickfilm und parallel dazu die Reaktion mit Teilchenmodellen präsentiert.

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie).

[L24] [D24]

33. Chromatographie von Filzstiftfarbe (FF)

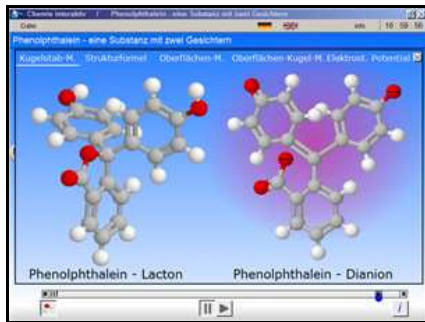


In der Splitscreen-Darstellung werden die Papierchromatographie von Filzstiftfarbe im Trickfilm und parallel dazu die Abläufe während des Trennvorgangs mit Teilchenmodellen präsentiert.

Klasse 7/8 (1. Jahr Chemie).

[L25] [D25]

34. Phenolphthalein – zwei Gesichter (FI)

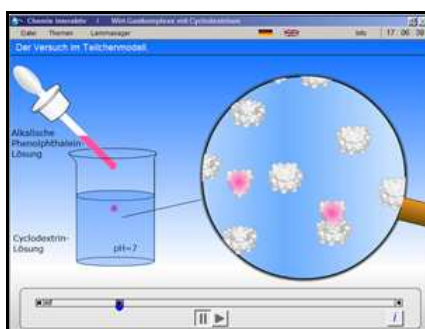


In der Animation werden die Reaktion und die intramolekulare Umlagerung der Lacton-Form in die Dianion-Form in Gegenwart von Hydroxid-Ionen veranschaulicht.

Oberstufe, Studium. Aromaten, Farbstoffe.

[L26] [D26] und [L27] [D27]

35. Cyclodextrin fängt Phenolphthalein-Dianionen (FF)

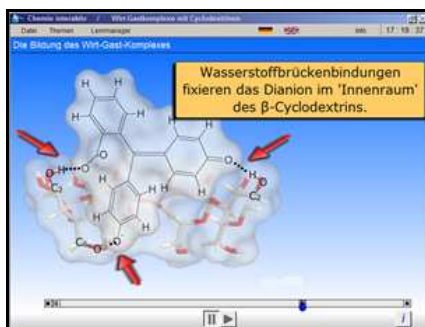


In der Splitscreen-Darstellung werden die Entfärbung alkalischer Phenolphthalein-Lösung beim Zutropfen in eine Cyclodextrin-Lösung im Trickfilm und parallel dazu die Abläufe auf der Teilchenebene (Molekülmodelle) gezeigt.

Oberstufe, Studium. Aromaten, Farbstoffe / Komplexe.

[L27] [D27]

36. Cyclodextrin bildet mit Phenolphthalein Wirt-Gast-Komplexe (FI)

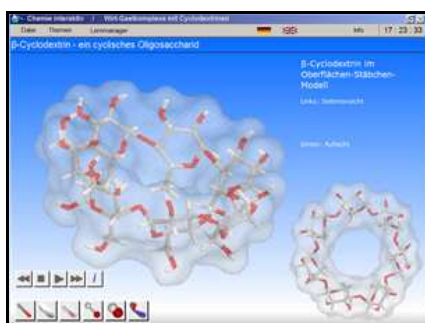


In der Animation wird gezeigt, wie Cyclodextrin Phenolphthalein (Lacton) „einfängt“ und als Dianion bindet.

Oberstufe, Studium. Aromaten, Farbstoffe / Komplexe.

[L27] [D27]

37.- 42. Cyclodextrin in 3D-Molekülmodellen (FF)

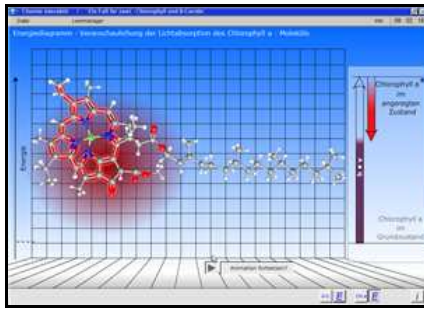


In der Animation werden verschiedene Molekülmodelle von Cyclodextrin gezeigt (Kugel-Stab-M., Stäbchen-M., Oberflächen-M., Kalotten-M., Oberflächen-M. mit elektrostatischem Potential).

Oberstufe, Studium. Aromaten, Farbstoffe / Komplexe.

[L27] [D27]

43. Anregung von Chlorophyll durch UV-Licht (FF)

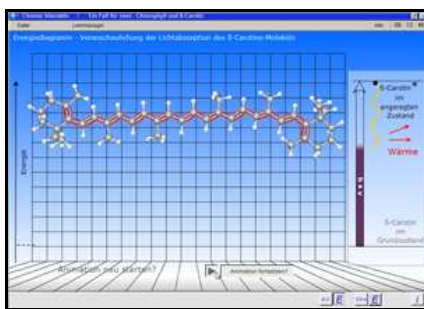


Die Animation veranschaulicht die Wirkung von UV-Licht an einem Chlorophyllmolekül. Energieaufnahme, Anregung und Energieabgabe werden animiert und in einem Energiediagramm gezeigt.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe.

[L28] [D28]

44. Anregung von β -Carotin durch UV-Licht (FF)

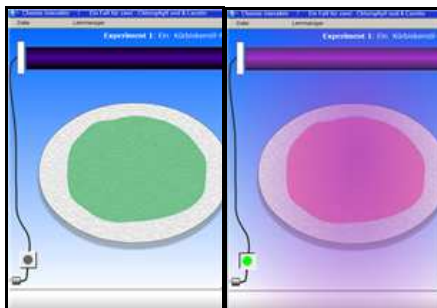


Die Animation veranschaulicht die Wirkung von UV-Licht an einem β -Carotinmolekül. Energieaufnahme, Anregung und Energieabgabe werden animiert und in einem Energiediagramm gezeigt.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe.

[L28] [D28]

45. Untersuchung von Chlorophyll im Tageslicht und UV-Licht (FF)

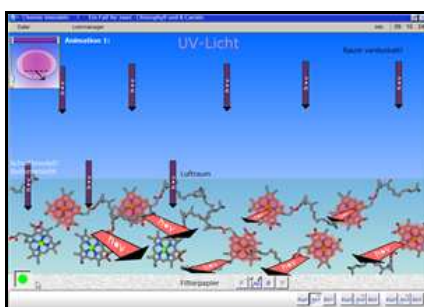


Eine Experimentanimation präsentiert die Wirkung von Tageslicht und UV-Licht auf Chlorophyll.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz.

[L28] [D28]

46. Modell zur Fluoreszenz von Chlorophyll (FF)

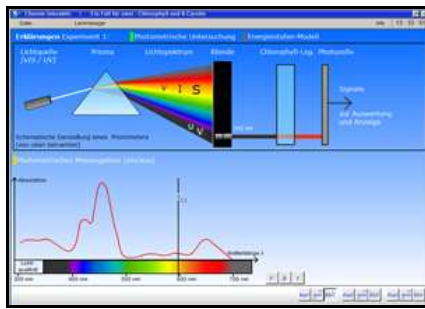


Die Animation veranschaulicht auf molekularer Ebene das Verhalten von Chlorophyllmolekülen im Tageslicht bzw. UV-Licht. Die Phänomene der Absorption und Fluoreszenz lassen sich analysieren und beschreiben.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz.

[L28] [D28]

47. Photometrie einer Chlorophyll-Lösung (FF)

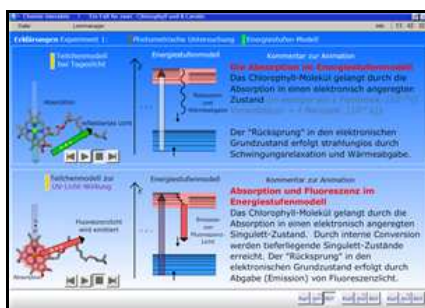


Die Animation präsentiert schematisch den Aufbau eines Photometers, mit dem interaktiv eine Chlorophyll-Lösung bezüglich ihrer Absorptionseigenschaften untersucht werden kann. Ein einblendbares Diagramm zeigt das mit dem Photometer ermittelbare Absorptionsspektrum.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz.

[L28] [D28]

48. Energiestufenmodelle zur Absorption beim Chlorophyll (FF)

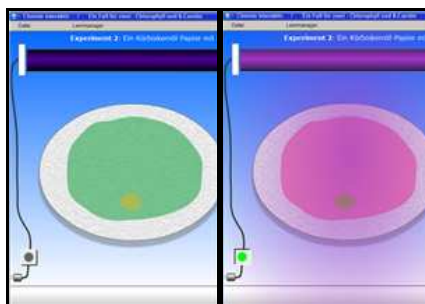


Die Animation wiederholt in einer Teilchenanimation das Absorptionsverhalten von Chlorophyll im Tages- bzw. im UV-Licht und erläutert und erklärt sie mit Hilfe des Energiestufenmodells.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz.

[L28] [D28]

49. Chlorophyll zusammen mit β -Carotin im Tageslicht und UV-Licht (FF)

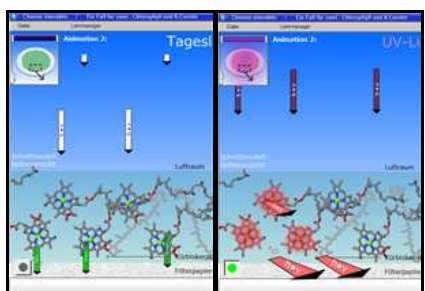


Eine Experimentanimation präsentiert die Wirkung von Tages- und UV-Licht auf Chlorophyll und auf eine Mischung aus Chlorophyll und β -Carotin (Mischungsfleck).

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung.

[L28] [D28]

50. Modell zur Fluoreszenzlöschung (FF)

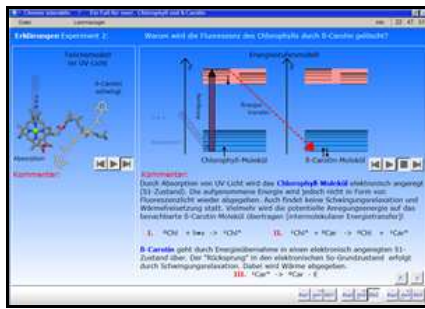


Die Animation veranschaulicht auf molekularer Ebene das Absorptionsverhalten von Chlorophyllmolekülen im Tages- bzw. UV-Licht. Die Phänomene der Absorption, Fluoreszenz und Fluoreszenzlöschung lassen sich analysieren, beschreiben und als Erklärungen ableiten.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung.

[L28] [D28]

51. Energiestufenmodelle zum Energietransfer zwischen Chl u. Car (FF)

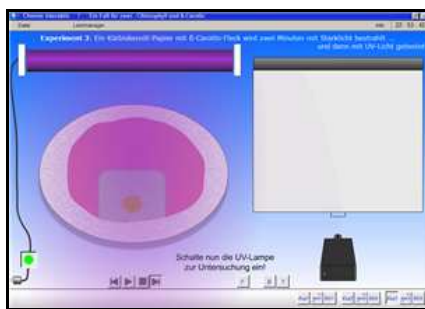


Die Animation veranschaulicht und erklärt, wie β -Carotinmoleküle als Fluoreszenzlöcher gegenüber Chlorophyllmolekülen wirken.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung.

[L28] [D28]

52. Untersuchung der Photoprotektion von β -Carotin gegenüber Chl (FF)

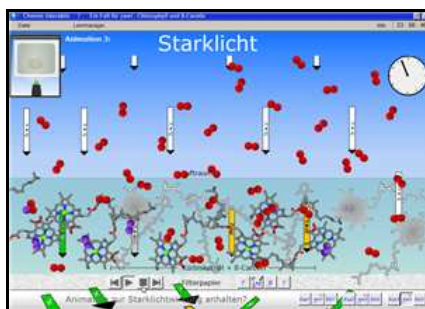


Eine Experimentanimation präsentiert die Wirkung β -Carotin als Photoprotektor gegenüber Chlorophyll bei Bestrahlung mit Starklicht. Diese Eigenschaft wird unter UV-Licht sichtbar.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung / Photoprotektion.

[L28] [D28]

53. Modell zur Photoprotektion (FF)

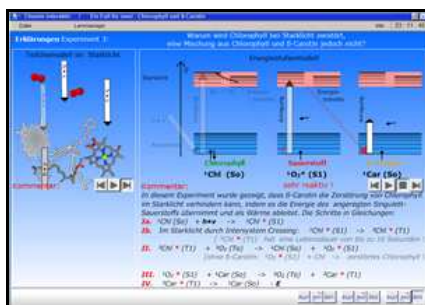


Die Animation veranschaulicht auf molekularer Ebene die Entstehung von Singulett-Sauerstoff im Starklicht und dessen Umwandlung in Triplett-Sauerstoff durch Energietransfer auf benachbarte β -Carotinmoleküle.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung / Photoprotektion.

[L28] [D28]

54. Energiestufenmodelle zur Photoprotektion (FF)

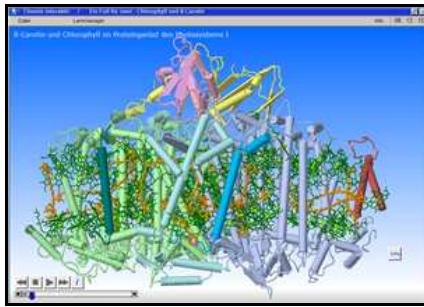


Die Animation veranschaulicht und erklärt, dass bei Starklichtbestrahlung gebildeter Singulett-Sauerstoff durch Energieabgabe an β -Carotin wieder in den energiearmen Triplett-Zustand zurückkehrt. Damit wird die Zerstörung von Chlorophyll durch Singulett-Sauerstoff vermieden.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Fluoreszenz / -löschung / Photoprotektion.

[L28] [D28]

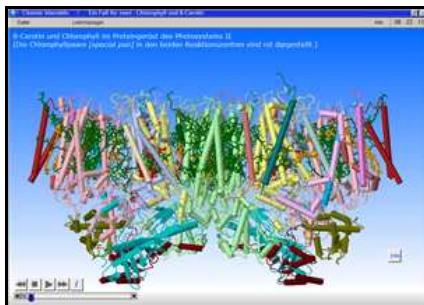
55.-61. Modelle zum Photosystem I – Monomer (FF)



Die Animation präsentiert ein in x-Richtung drehbares Modell zum Photosystem I eines Cyanobakteriums: ein Proteingerüst, 96 Chlorophyllmoleküle und 22 β -Carotinmoleküle, 3 Eisen-Schwefel-Cluster, 4 Lipide. Sieben Modelltypen.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Kontext Photosynthese und Photosystem. [23] [24] [L28] [D28]

62. Modell zum Photosystem II – Homodimer (FF)



Die Animation präsentiert ein in x-Richtung drehbares Modell zum Photosystem II (Dimer mit zwei Reaktionszentren) eines Cyanobakteriums: ein Proteingerüst, 2•35 Chl.- u. 2•11 β -Car.-Moleküle.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Kontext Photosynthese und Photosystem. [23] [24] [L28] [D28]

63. Modell zum Energietransfer und zur Ladungstrennung im PS I (FF)



Die Animation veranschaulicht stark vereinfacht anhand von Schalenmodellen und Energiediagrammen den Energietransfer und den Start der Redoxkette im Photosystem I.

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Kontext Photosynthese und Photosystem [23] [24] [L28] [D28]

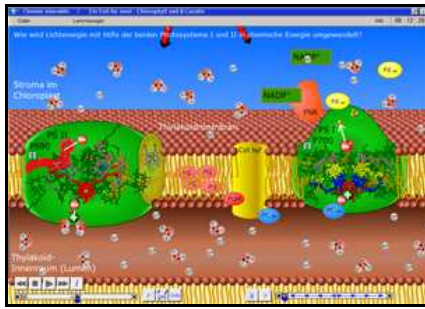
64. Energietransfer und Ladungstrennung im Photosystem I (FF)



Die Animation veranschaulicht den Energietransfer zwischen Chlorophyll- und β -Carotinmolekülen und den Start der Redoxkette im Photosystem I (integriert in die Thylakoidmembran).

Oberstufe, Studium. Farbstoffe / Kontext Photosynthese und Photosystem [23] [24] [L28] [D28]

65. Die Lichtreaktion der Photosynthese (FF)



Die Animation veranschaulicht die Lichtreaktion der Photosynthese, die an der Thylakoidmembran im Chloroplast mit den beiden Photosystemen I und II und weiteren Komponenten stattfindet: Lichtabsorption, Energietransfer, Ladungstrennung, Photolyse des Wasser, Elektronentransferkette, ATP und NADPH + H⁺-Bildung.

Oberstufe, Studium. Stoffwechselphysiologie (Biologie) und Kontext im Chemieunterricht.

[23] [24] [L28] [D28]

66. Die Metallbindung (FF)



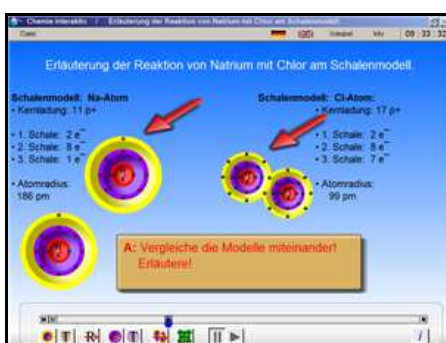
In einem virtuellen Versuch und in einer Teilchenanimation wird die Metallbindung veranschaulicht.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Im Rahmen der Bindungslehre.

[L60] [D60]

4.8.2 Lerngeschichten (FLG) und interaktive Lerngeschichten (IFLG)

1. Die Reaktion von Natrium mit Chlor (FLG)

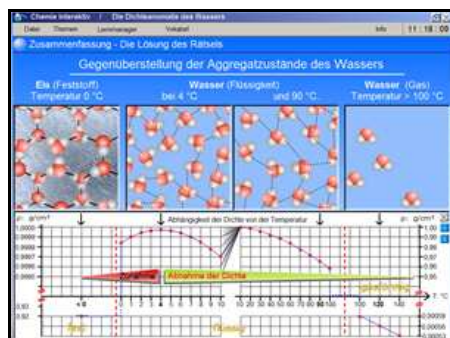


Die Animation erläutert die Reaktion von Natrium mit Chlor anhand von Schalenmodellen.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Bindungslehre; Einführung der Ionenbildung und Ionenbindung

[L29] [D29]

2. Die Dichteanomalie des Wassers (FLG)



Ausgehend vom Schmelzen eines Eiswürfels wird auf der Ebene der Teilchenmodelle die Dichteanomalie des Wassers entwickelt.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der polaren Elektronenpaarbindung.

[L30] [D30]

3. Wasser als Lösungsmittel für Salze (FLG)

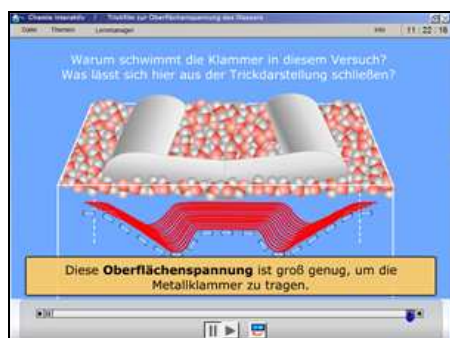


Ausgehend vom virtuellen Experiment zum Auflösen von Kochsalz in Wasser wird auf der Ebene der Stoffteilchen die Wechselwirkung zwischen Wassermolekülen und den Ionen in Kochsalzkristallen veranschaulicht und kommentiert.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Nach Einführung der Ionenbindung und polaren Elektronenpaarbindung.

[L31] [D31]

4. Die Oberflächenspannung des Wassers (FLG)



Ausgehend von Schwimmversuchen von Büroklammern auf einer Wasseroberfläche wird auf der Ebene von Teilchenmodellen der Begriff der Oberflächenspannung entwickelt und erläutert.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Bindungslehre; Einführung der Ionenbindung und Ionenbindung.

Oberstufe. Wiederholung im Rahmen der Eigenschaften polarer Lösungsmittel. [L32] [D32]

5. Die Hydrophobierung von Oberflächen (IFLG)



Ausgehend von einer Versuchsanimation mit einem mit Silikonöl beschichteten bzw. unbeschichteten Ytongstein wird der hydrophobierende Effekt auf der Teilchenebene veranschaulicht und erläutert.

Oberstufe. Vom Erdöl zum Plexiglas, Werkstoffe. [L33] [D33]

6. Der hüpfende Kitt (IFLG)



In zwei kleinen Experiment-Animationen werden Elastizität und Plastizität von Silikon präsentiert. Diese Phänomene werden mit Hilfe schematisierter Molekülmodelle auf der Teilchenebene veranschaulicht und analysiert.

Oberstufe. Vom Erdöl zum Plexiglas, Werkstoffe. [L34]

7. Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle (IFLG)



Nach einem Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle mit selbst steuerbarer Bildfolge wird der CO₂-Stoffkreislauf anhand der Entstehung der Tropfsteinhöhle bzw. der Tropfsteine in kommentierten Animationen erläutert.

Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Kalk, Baustoffe. **Oberstufe.** Stoffkreisläufe. [L35] [D35]

4.8.3 Interaktive Flash-Animationen (IFA)

1. Nachweis alkalisch reagierender Ammoniakdämpfe (IFA)



In einem einfachen virtuellen Experiment werden Ammoniakdämpfe mit Indikatorpapier untersucht.

Klasse 7/8.

[L36]

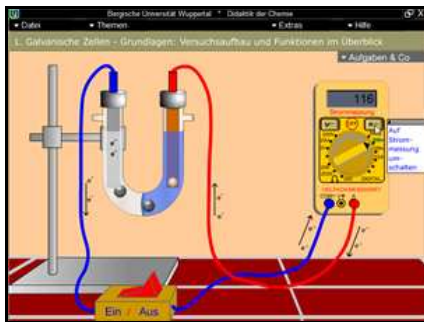
2. Die Synthese von Chlorwasserstoff (IFA)



Im virtuellen Versuch wird die Chlor-Knallgas-Reaktion durchgeführt. Eine Animation veranschaulicht die Vorgänge des Experimentes auf der Teilchenebene. Im dritten Teil des Programms werden die Vorgänge auf der Teilchenebene analysiert und als Teilreaktionen eines Kettenreaktionsmechanismus entwickelt. [17] [19] [L37][D37]

Oberstufe. Radikal-Kettenmechanismus

3. Erkunden der Funktionen eines galvanischen Elements (IFA)



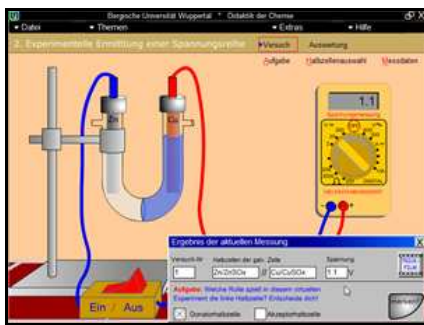
Am virtuellen Versuchsaufbau lassen sich Informationen zu den Geräten aufrufen und die funktionellen Abläufe bei einer Strom- bzw. Spannungsmessung mit Hilfe von Teilchenmodellen erkunden.

[ggfs. **Klasse** 9/10. Strommessung am galv. Element, im UG als Flash-Folie.]

Oberstufe Elektrochemie.

[L38] [D38]

4. Virtuelle Ermittlung einer Spannungsreihe (IFA)

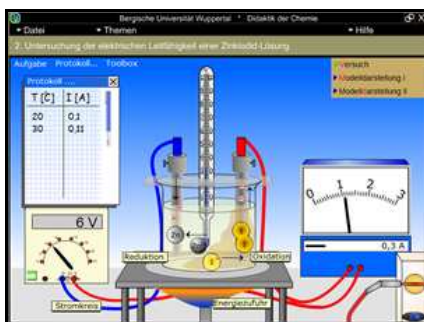


Durch Kombinationen von Halbzellen werden verschiedene Potentialdifferenzen ermittelt und gespeichert. Im Auswertungsbildschirm wird anhand der gespeicherten Werte an einer vorgegebenen Skala eine Spannungsreihe aufgebaut.

Oberstufe Elektrochemie.

[L39] [D39]

5. Stromleitung in Metallen, Lösungen, Halbleitern (IFA)



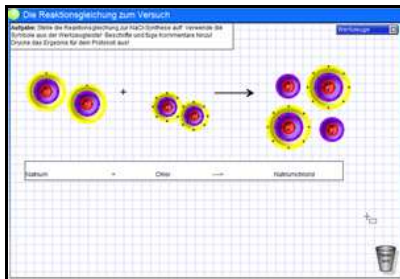
In virtuellen Versuchen wird die Stromleitung in Metallen, Lösungen und Halbleitern bei RT und beim Erwärmen untersucht. Modelldarstellungen veranschaulichen die Vorgänge auf Teilchenebene und lassen Erklärungen ableiten.

Klasse 8/9 Elektrolyse, Elektrochemie.

Oberstufe. Elektrochemie, Halbleiter, Vom Blattgrün zum Farbmonitor. [17] [L40] [D40]

4.8.4 Flash-Aufgaben (FAuf)

1. Beschreibung der NaCl-Synthese mit Grafiksymbolen (FAuf)

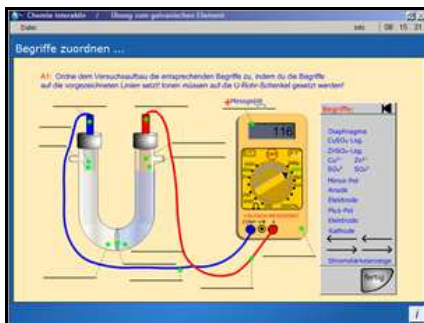


Die Reaktion von Natrium mit Chlor wird auf dem Bildschirm mit verschiedenen Grafiksymbolen (Schalenmodelle, Kugelmodelle, Formeln und Textboxen) aufgestellt.

Klasse 8/9. Ionenbildung, Ionenbindung.

[L41] [D41]

2. Übung zur galvanischen Zelle (FAuf)



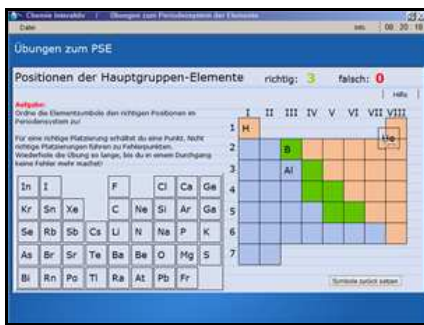
Schülerinnen und Schüler müssen dem vorgegebenen Versuchsaufbau „bewegliche“ Begriffe zuordnen. Die Zuordnungen werden vom Programm geprüft und es wird eine Rückmeldung gegeben.

Klasse 9/10. Galvanische Elemente.

Oberstufe. Elektrochemie.

[L42] [D42]

3. Übung zum PSE – Symbole zuordnen (FAuf)



Schülerinnen und Schüler müssen bewegliche Symbole in das PSE-Raster einordnen. Richtige und falsche Zuordnungen werden gezählt. Falsche Positionierungen werden sofort zurückgesetzt.

Klasse 8/9 PSE.

[L43] [D43]

4. Übung zum PSE – Kreuzworträtsel (FAuf)



Schülerinnen und Schüler müssen ein Kreuzworträtsel mit Begriffen zum Periodensystem der Elemente lösen.

Klasse 8/9 PSE.

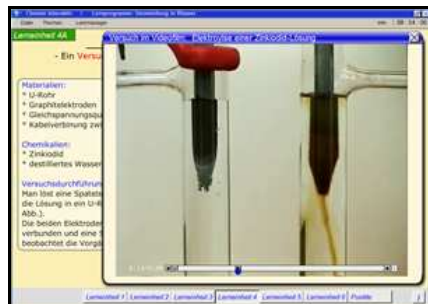
[L44] [D44]

4.8.5 Flash-Lernprogramme und Flash-Lernsequenzen (FLP)

1. Stromleitung in Wasser (FLP)



Dieses Lernprogramm führt den Ionenbegriff ein. Ausgehend von der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler über die Stromleitung in Metallen und Gefahren beim Umgang mit Elektrogeräten in Zusammenhang mit Wasser werden Leitfähigkeitsversuche durchgeführt und ausgewertet. Anhand der Elektrolyse von Zinkiodid wird der Ionenbegriff eingeführt und erläutert. Die Wanderung der Ionen im elektrischen Feld schließt diesen konstruktivistischen „Lehr und Lerngang“ des Programms ab. Interaktive Aufgaben festigen das erworbene Wissen.



Klasse 8/9 (2. Jahr Chemie). Einführung Ionenbegriff, Elektrolyse, Ionenwanderung.



[22] [L45] [D45]

2. Von der Pflanze zum Photosystem (FLS)

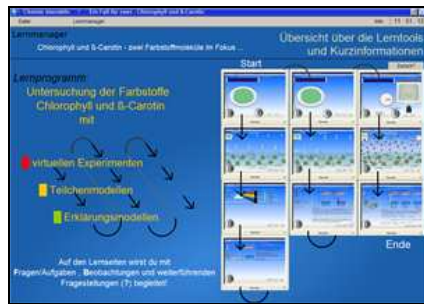


In einer selbstständig zu steuernden Lernsequenz – eine Folge von 15 Lernstationen – werden die für die Lichtreaktion benötigten Photosysteme vorgestellt und ihre Funktionen veranschaulicht.

Oberstufe, Studium. Vom Blattgrün zum Farbmonitor, Kontext Biologie: Lichtreaktion.

[17][20] [L46] [D46]

3. Exp. Untersuchung von Chlorophyll und β -Carotin im Licht/UV-Licht (FLS)



In einer selbstständig zu steuernden Lernsequenz – eine Folge von 10 Lernstationen – werden drei Experimente mit den Stoffen Chlorophyll und β -Carotin präsentiert, Teilchenmodelle zur Analyse der Experimente und entsprechende Erklärungsmodelle mit Aufgabenstellungen, Impulsen und Ergebnissen angeboten.

Oberstufe, Studium. Vom Blattgrün zum Farbmonitor.

[17][20] [L47] [D47]

4.8.6 Flash-Animationen im Schülerpraktikum (FAP)

1. Praktikums-Analyse: Zusammenspiel von Chlorophyll und β -Carotin (FAP)



Schülerinnen und Schüler untersuchen im Praktikum Chlorophyll und das Zusammenspiel von Chlorophyll und β -Carotin im Tageslicht / Starklicht und UV-Licht. Das Flash-Programm stellt Animationen zur Analyse der Experimente in der Gruppenauswertung bereit.

Oberstufe. Vom Blattgrün zum Farbmonitor.

[17][20] [L48] [D48]

2. Praktikums-Planung: Von der Kartoffel zur Folie (FAP)



Schülerinnen und Schüler informieren sich anhand des Flash-Programms über die experimentelle Herstellung einer Biofolie und erstellen einen Arbeitsplan für die Durchführung des Experiments. Die notwendigen Informationen über Stoffe, Mengen und Geräte erhalten sie im Programm.

Klasse 9/10/WPI-NW

[L49] [D49]

4.8.7 Hypermedia-Lernetz (HMLN)

1. Die Synthese von Natriumchlorid (HMLN)



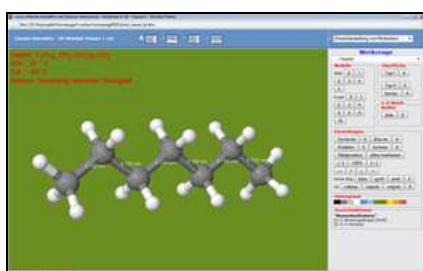
Schülerinnen und Schüler informieren sich in einem netzartig verlinkten Hypermedia-Framework (Web-Seiten) rund um die Synthese von Natriumchlorid aus den Elementen.

Klasse 8/9 (2. Jahr). Ionenbildung. Ionenbindung.

[L50]

4.8.8 Hypermedia-3D-Molekül-Viewer (3DM)

1. Molekül-Viewer A (Kompakt-Format) (3DM)



Schülerinnen und Schüler rufen über ein Menü Moleküldateien auf. Das ausgewählte Molekül wird im jmol-Applet dargestellt. Über eine Menüleiste kann das Molekül verändert werden. Mittels Maus ist es drehbar, skalierbar und verschiebbar.

Klasse 9/10. Organische Chemie.

Oberstufe. Organische Chemie. [L51]

2. Molekül-Viewer B (Quer-Format) (3DM)

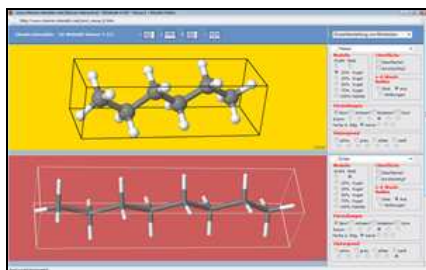


Schülerinnen und Schüler rufen über ein Menü Moleküldateien auf. Das ausgewählte Molekül wird im jmol-Applet dargestellt. Über eine Menüleiste kann das Molekül verändert werden. Mittels Maus ist es drehbar, skalierbar und verschiebbar.

Klasse 9/10. Organische Chemie.

Oberstufe. Organische Chemie. [L52]

3. Molekül-Viewer C (Quer-Format mit zwei Fenstern) (3DM)

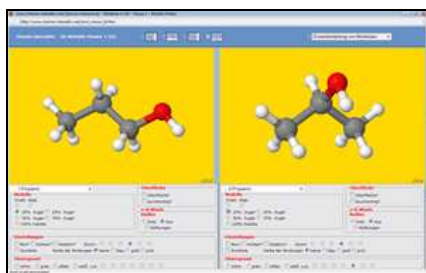


Schülerinnen und Schüler rufen über zwei Menüs Moleküldateien auf. Die ausgewählten Moleküle werden in zwei jmol-Applets parallel übereinander dargestellt. Über eine Menüleiste können die Moleküle verändert werden. Mittels Maus sind sie drehbar, skalierbar und verschiebbar.

Klasse 9/10. Organische Chemie.

Oberstufe. Organische Chemie. [L53]

4. Molekül-Viewer D (Kompakt-Format mit zwei Fenstern) (3DM)

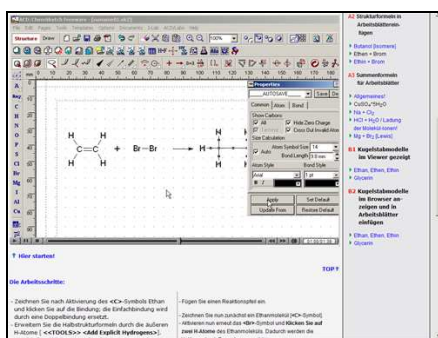


Schülerinnen und Schüler rufen über zwei Menüs Moleküldateien auf. Die ausgewählten Moleküle werden in zwei jmol-Applets parallel nebeneinander dargestellt. Über eine Menüleiste können die Moleküle verändert werden. Mittels Maus sind sie drehbar, skalierbar und verschiebbar.

Klasse 9/10. Organische Chemie.

Oberstufe. Organische Chemie. [L54]

5. Online-Workshop zum Zeichnen von Molekülen (3DM)



Schülerinnen und Schüler lernen in mehreren Lektionen das Zeichnen von Molekülen und Formeln mit dem Freeware-Programm ChemSketch von ACD/Labs [S6].

Klasse 9/10. Organische Chemie.

Oberstufe. Organische Chemie.[S7] [L56]

4.9 Veröffentlichung, Evaluation und Qualitätsmanagement der entwickelten Medien

Die Veröffentlichung erfolgte primär über das Internetportal „Chemie interaktiv“ [27]. Über diese Plattform wurden die Online-Zugriffe auf die Lehr- und Lernmedien und der Download der Offline-Versionen bereitgestellt. Die Anzahl der Zugriffe bzw. das Transfervolumen sind ein relatives Maß für das Interesse, die Akzeptanz und die bereitwillige Nutzung der Medien (vgl. 4.9.1.2). Die Rückmeldungen der Anwender führten zu einem offenen Meinungs austausch mittels Email-Kommunikation und als Reaktion darauf z. T. zu Veränderungen und Erweiterungen der erstellten Medien. Damit werden Evaluation und Qualitätsmanagement kontinuierlich vorangetrieben.

Auf dem Server der Chemiedidaktik der Bergischen Universität Wuppertal wurden die entwickelten Flashmedien in den bestehenden Materialpool der Wuppertaler Chemiedidaktik integriert [26].

Von einer Vielzahl fremder Autoren werden die erstellten Medien auf verschiedenen Webseiten vorgestellt, verlinkt und z. T. auch bewertet (vgl. 4.9.2).

Eine weitere Basis der Veröffentlichung bildete die Publikation in Fachzeitschriften (vgl. 4.9.3) durch eigene Beiträge, aber auch durch Fremdpublikationen (vgl. 4.9.3).

4.9.1 Veröffentlichung im Internet

4.9.1.1 Internetportal „Chemie-interaktiv.net“

Unter der speziell eingerichteten Domain „www.chemie-interaktiv.net“ [27] sind die erstellten Materialien zugänglich. Ausgehend von der Startseite wurden die verschiedenen Medien-Typen (vgl. 4.6.2.3 / 4.8) auf verschiedene, aber entsprechende Webseiten verteilt:

- Flash-Folien und Flash-Infos
- Interaktive Flash-Animationen und Flash-Lerngeschichten

- Flash-Lernprogramme und Flash-Lernsequenzen
- Flash-Animationen im Praktikum
- Div. ergänzende Materialien

Für jedes Medium wurde eine „Anzeige“ geschaltet. Diese besteht aus einem Vorschaubild (ggfs. auch mehreren), einem Thema, einer Kurzbezeichnung und mehreren Start-Buttons zum Online-Aufruf. Abhängig von den individuellen Browser- bzw. Bildschirmeinstellungen der Anwender sind mehrere Zugriffsmöglichkeiten - zunächst nur für die Flash-Folien und Flash-Infos - realisiert worden:

1. der Direktaufruf der Swf-Dateien
2. der Zugriff auf Webseiten mit eingebetteten, proportional skalierten Flash-Dateien und
3. der Aufruf von Webseiten mit bildschirmangepasster Skalierung der eingebetteten Flash-Datei.

Über einen weiteren Button mit der Bezeichnung „Zip-Archiv“ lässt sich die jeweilige Offline-Version (Exe-Datei) der Flash-Folie bzw. des Flash-Infos downloaden.



Abb. 79: Zwei willkürlich ausgewählte „Anzeigen“ zu Flash-Folien. Zur 2. Flash-Folie wurde bereits ein Info-Fenster eingerichtet.

Zur Präsentation der interaktiven Flash-Animationen und Lerngeschichten, die zeitlich vor den Flash-Folien erstellt wurden, wurde eine Übersichtsseite [L57] mit kurz kommentierten „Anzeigen“ und eine separate Beschreibungsseite [L58] mit Detailbeschreibungen bzw. kurzen Bedienungsanleitungen entwickelt.

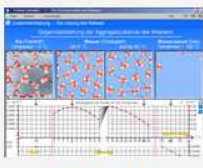


<p>Ein Trickfilm zur Dichteanomalie des Wassers aus 4 hintereinander angeordneten Szenen:</p> <p>Szene 1: Warum schwimmt Eis? Eis und Wasser im Teilchenmodell</p> <p>Szene 2: Der Schmelzvorgang im Teilchenmodell</p> <p>Szene 3: Der Gefriervorgang im Teilchenmodell</p> <p>Szene 4: Gegenüberstellung der Aggregatzustände des Wassers im Teilchenmodell</p>	 <p>Deutsch  </p>	<p>Flash-Lerngeschichte als M.V. auch interaktiv bedient im U.G. oder in der S.A. nach Aufgabenstellung durch FL.</p> <p>Bilingual: Deutsch - Englisch</p>	<p>Beschreibung</p> <p>Programm starten?</p> <p>online-Dateigröße 1,6 MB</p> <p>Letzte Änderung: 2.1.2006</p>
<p>Mehr Informationen ein / aus?</p>			

Abb. 80: Vorstellung der Lerngeschichte zur Dichteanomalie des Wassers innerhalb der Übersichtsseite.

Bei der Auswertung der Links innerhalb fremder Webportale auf die Flash-Animationen von Chemie-interaktiv wird deutlich, dass fast ausschließlich die Beschreibungsseite [L58] mit direktem Sprung zur jeweiligen Beschreibung verwendet wurde und nicht die Übersichtsseite der Flash-Animationen [L57]. Die Beschreibung eines Flash-Mediums im Sinne einer Vorstellung in Bildern, mit Inhalten und Bedienungshinweisen spielt für die „Fremdanbieter“ und deren Publikationsabsichten z. B. für eigene Schüler oder Lehrer eine größere Rolle. Die Verlinkung auf eine Übersichtsseite verleitet den Besucher zum schnellen „Durchklicken“ und ist letztlich nur für denjenigen geeignet, der weiß, was sich hinter einer konkreten Animation verbirgt. Um aber auf einen Besucher motivierend und dahingehend einzuwirken, sich mit einer angebotenen Animation zu beschäftigen, sind Bilder von Teilszenarien und Kurzkommentare erforderlich. Dadurch erhält der Nutzer direkt einen Einblick in die Struktur und Methodik der angebotenen Animation und entwickelt unmittelbar Leitgedanken für eine Einsatzplanung.

Parallel zu den Flash-Folien [L59] wurde keine Beschreibungsseite erstellt. Kommentare zu Inhalten bzw. zur Bedienung wurden hier, allerdings bisher nur für einige wenige Flash-Folien, über jeweils separat aufrufbare Info-Fenstern realisiert. Letztere lassen sich besonders übersichtlich gestalten und für den Einsatz in der Unterrichtsplanung leicht ausdrucken. Derartige Info-Fenster sollten zukünftig vervollständigt werden.

Für die Besucher, die die Offline-Versionen von Flash-Animationen herunterladen wollen, wurden zusätzlich CD-Cover erstellt. Dieses Angebot, ein CD-Cover für jeweils eine Flash-Animation anzeigen zu lassen und direkt auszudrucken, ist mit besonderer Absicht ergänzt worden. Ein einzelnes Flash-Programm, gebrannt auf

eine CD, ist sofort über das Cover identifizierbar und damit für die Unterrichtsplanung und Unterrichtsvorbereitung leicht handhabbar. Eine Sampler-CD mit vielen Animationen birgt die Gefahr in sich, selten verwendet zu werden, da hier die Einzelprogramme nicht über das Cover erkennbar sind. Eine Sampler-CD ist darüber hinaus bezüglich des Handlings im Unterricht schwieriger zu bedienen.

4.9.1.2 Statistiken der Zugriffe auf „www.chemie-interaktiv.net“

Um die Zugriffe auf die Webseiten der Domain „www.chemie-interaktiv.net“ und das Transfervolumen zu erfassen, sind zwei Möglichkeiten herangezogen worden: 1. die „kleine“ Statistik von t-online, die im Rahmen der „Starter-Hompag“ angeboten wird und 2. der kostenfreie Counter von „Counterstation.de“.

Herkunft der Besucher

Die stichprobenartige Auswertung der Tagesstatistiken von Counterstation.de ergab, dass im Durchschnitt etwa 80% der Zugriffe aus Deutschland erfolgen (Städte über ganz Deutschland verteilt). 15% der Zugriffe stammen aus Österreich und der Schweiz. Die restlichen 5 % beziehen sich auf andere europäische Länder bzw. auf die USA und wenige weitere Länder weltweit.

Die Zugriffe aus Deutschland stammten bis Anfang 2009 zu etwa 35% - 40% vom Chemiedidaktik-Server der Universität Wuppertal. Ab Februar/März 2009 wurden die meisten Flash-Folien und Flash-Animationen auch auf dem Chemiedidaktik-Server auf einer neuen Materialseite bereitgestellt, sowohl zum Online-Aufruf als auch zum Download. Dies hatte zur Folge, dass der Anteil der Zugriffe vom Uni-Server aus im Frühjahr auf Tageswerte zwischen 5% - 0% zurückging. Die Zugriffe auf den Chemiedidaktik-Server der Universität Wuppertal können nicht erfasst werden und fehlen deshalb in der folgenden Statistik. Für die Beurteilung der Gesamtzugriffe auf die veröffentlichten Flash-Medien müssen deshalb zum aktuellen Zeitpunkt „Mitte 2009“ die Werte der t-online-Statistik annähernd um 35-40% höher eingeschätzt werden. Für zukünftige Beurteilungen der Zugriffe als relatives Maß für das Interesse an den digitalen Medien müsste deshalb zuvor auch auf dem Didaktik-Server eine Lösung für die Besuchererfassung entwickelt werden.

Zugriffe von Januar bis Juni 2009

Als Zahlenbeleg wurde der aktuelle Zeitraum von Januar bis Juni 2009 gewählt, da innerhalb dieses Zeitraums der Datenbestand auf dem Server konstant blieb.

Monat	Besucher	Seitenaufrufe	Dateien	Transfervolumen
01/09	7568	21034	756.186	18,77 GB
02/09	7702	22388	833.972	23,99 GB
03/09	9214	26261	979.834	27,36 GB
04/09	5568	15594	556.524	16,70 GB
05/09	6827	17957	708.557	21,91 GB
06/09	5675	14506	557.846	18,06 GB
Ø	7092	19623	732079	21,13 GB

Tabelle 11: Tatsächliche Entwicklung von Besucherzahl und Transfervolumen auf „www.chemie-interaktiv.net“ im 1. Halbjahr 2009 laut t-online-Statistik ohne Besucherzahlen und Transfervolumen auf dem Chemiedidaktik-Server der Universität Wuppertal.

Geht man von der oben formulierten Annahme aus, so müsste die Anzahl der Anwenderzugriffe auf die Medien am Ende des 2. Schulhalbjahres 2008/2009 angenähert bei ca. 10.000 pro Monat liegen.

Legt man die Daten in der Tabelle zu Grunde, so ruft jeder der Besucher ungefähr 3 Webseiten auf. Bei den „Seitenaufrufen“ werden nur die Html-Dateien erfasst. Unter „Dateien“ sind sowohl die Webseiten (entspricht der Anzahl der „Seitenaufrufe“) als auch die Bilddateien, die Animationsdateien und Download-Dateien enthalten!

Differenzierung der Webseitenaufrufe im Zeitraum von Januar bis Juni 2009

Monate Webseiten	01/09	02/09	03/09	04/09	05/09	06/09	Ø pro M.
Startseite	566	640	713	476	599	382	562
Flash-Folien	3318	3324	3588	2021	2627	1985	2810
Flash-Animationen	2207	2597	3397	1776	2239	1940	2359
Beschreibungen	1449	1219	1697	994	1245	964	1261
Lernprogramme	724	872	1095	669	992	777	854
Download-Seite	510	577	658	398	408	331	480
Flash im Praktikum	----*)	319	428	224	294	213	296
Lernetze	174	211	425	287	292	224	269
Molekül-Viewer	453	568	696	435	495	336	497

Tabelle 12: Entwicklung der Webseitenaufrufe im Zeitraum Januar – Juni 2009.

Mit den Zahlenangaben werden nur die jeweils angegebenen Webseiten (Übersichtsseiten) erfasst und keine online genutzten Animationsdateien bzw. Download-Dateien. *) In 01/09 noch nicht eingerichtet.

In der Monatsstatistik von t-online werden die 15 häufigsten Webseiten erfasst. Geht man von den durchschnittlichen Zugriffen aus, die in Tabelle 12 genannt werden und mindestens 95% aller aufgerufenen Webseiten ausmachen, so wird dafür ein ungefähres Transfervolumen von durchschnittlich 10 GB benötigt [berechnet für die Webseiten in Tabelle 12 aus: $[(\text{Anzahl}(\text{Bilddateien}) \cdot (\text{Ø-Dateigröße}) + \text{Webseite} \cdot \text{Dateigröße}) \cdot \text{Anzahl der Zugriffe auf die jeweilige Webseite}]$. Zieht man das durchschnittliche Transfervolumen aus Tabelle 11 heran, so verbleibt für Animationsdateien (online bzw. offline) ein Volumen von 11 GB pro Monat.

Die Dateigröße einer Online-Animation reicht von 150 kB bis 1 MB. Nur wenige besitzen eine größere Dateigröße von bis zu 6 MB. Die Download-Archive besitzen eine durchschnittliche Dateigröße von 1,5 MB. Bildet man daraus einen Durchschnitt, so kommt man auf ungefähr 1 MB pro Animationsdatei. Mit einem Transfervolumen von 11 GB wären dann 11.000 Animationsdateien pro Monat vom Chemie-interaktiv-Server aufgerufen worden. Berücksichtigt man die Anima-

tionsdateien auf dem Uni-Server, so erhöht sich der Wert um ca. 35% - 40% auf ungefähr 15.000 Dateien pro Monat (500 Dateien pro Tag).

Unterstellt man, dass ein Teil der Lehrer, die „Chemie interaktiv“ besuchen, die Offline-Versionen herunterladen, um sie im Unterricht zu verwenden, dann wird der Personenkreis, der die Animationen im Monat nutzt, noch erheblich größer.

4.9.2 Veröffentlichung und Verlinkung über Fremdportale

Über verschiedene, von den Bundesländern geförderte Bildungsportale wird auf die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Lehr- und Lernmedien durch Beschreibungen, Kurzkomentare oder z. T. auch durch ausführliche didaktische Erläuterungen hingewiesen. Entsprechende Hyperlinks wurden integriert. Darunter befinden sich Einrichtungen wie „Lehrer-Online“, der „Hamburger Bildungsserver“, der „Landesbildungsserver Baden-Württemberg“, der „Hessische Bildungsserver“, der „deutsche Bildungsserver“ und andere.

Über „Lehrer-Online.de“ werden einzelne Medien von „Chemie interaktiv“ mit kurzen inhaltlichen und methodischen Beschreibungen vorgestellt und beschrieben. Daneben sind auch Artikel von Autoren mit eigenen Themen vorhanden, die aber auf einzelne Medien von „Chemie interaktiv“ verweisen und diese in ihre Ausführungen integrieren und z. T. auch bewerten. Folgende Artikel wurden bisher veröffentlicht:

- Manfred Amann: „Praktische Versuche kontra virtuelle Experimente?“ In diesem Artikel geht der Autor der Frage nach, was elektronische Medien leisten können [33]. Er bezieht sich direkt auf ein Beispiel von „Chemie interaktiv“.
- Manfred Amann: „Animation per Flash – Prädikat Besonders wertvoll“. In diesem Artikel wird die Teilchenanimation (FF) zur Natriumchloridsynthese betrachtet [34].
- André Diesel: „Flash-Animation zur Chlorknallgasreaktion“. Der Autor stellt den Inhalt und die Methodik der Flash-Animation vor [35].

- André Diesel: „Flash-Animation zur Stromleitung bei Energiezufuhr“. Herr Diesel stellt Inhalte und Methodik der Animation vor [39].

Eigene Artikel im Portal „Lehrer-Online“

- „Flash-Animation - Reaktion von Eisen mit Kupferionen“ (FF) [38]
- „Reaktionsgleichung für die NaCl-Synthese“ (FAuf) [37]
- „Der Aufbau von Kochsalzkristallen“ (FF) [36]
- „Die Oberflächenspannung des Wassers“ (FLG) [40]
- „Strukturen organischer Moleküle“ (3DM) [41]

Artikel mit Verweisen auf die Materialien von „Chemie interaktiv“

- Wolfgang Rechtsteiner: „Dünnschichtchromatographie – Farbstoffe, Schmerztabletten.“ In diesem Artikel beschreibt der Autor ein eigenes Thema und verweist auf die Flash-Animation zur Chromatographie (FF) [42].
- Gregor von Bostel : „Kalklösung in Gesteinen & Kalkbildung im Trinkwasser“. In diesem Artikel verweist der Autor auf die interaktive Lerngeschichte „Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle“ (IFL) [43].
- Thomas Engel: „ACD/ChemSketch“. Der Autor verweist auf die Molekülpräsentation von Chemie interaktiv (3DM) [44].
- Matthias Nolte: „Molekülbetrachter, Dynamische Arbeitsblätter, DNA“. Herr Nolte verweist auf die Präsentation der DNA im Molekül-Viewer von Chemie-interaktiv (3DM) [45].

In den täglichen von „Counterstation.de“ erstellten Übersichten über die Herkunft der Besucher auf Chemie-interaktiv.net befinden sich regelmäßig Einträge von Lehrer-Online.

Der Hessische Bildungsserver [46] stellt Unterrichtsmaterialien nach Themen sortiert vor. Darin wird allgemein auf die Flash-Medien von „Chemie interaktiv“ verwiesen [27] aber auch innerhalb der Themen „Salze / Ionenbegriff“, „Wasser“ und

„Elektrochemie“ werden einzelne Flash-Medien inhaltlich und methodisch beschrieben und als Medien empfohlen. Dazu gehören die Bausteine:

- „*Stromleitung in Wasser*“ (Flash-Lernprogramm) [L45]
- „*Die Synthese von Natriumchlorid*“ (eine FF-Sammlung) [L12]
- „*Aufbau von Kochsalzkristallen*“ (Verweis auf „Lehrer-Online“) [36]
- „*Dichteanomalie des Wassers*“ (Flash-Lerngeschichte) [L30]
- „*Oberflächenspannung des Wassers*“ (Flash-Lerngeschichte) [L32]
- „*Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle*“ (Interaktive Flash-Lerngeschichte) [L35]
- „*Galvanische Zelle – virtuelles Experimentieren - Spannungsreihe*“ (Interaktive Flash-Animation) [L39]

Der Hamburger Bildungsserver verweist allgemein auf die Multimediabausteine im Flash-Format von „Chemie interaktiv“ [47].

Der Landesbildungsserver Baden-Württemberg stellt unter der Überschrift Chemie-interaktiv in einer Übersicht diverse Materialien zur Integration des Computers im Chemieunterricht vor [49]. Neben Hinweisen auf den Einsatz und die Bereitstellung von 3D-Molekülen an konkreten Beispielen wird auf die Flash-Folien und weitere Flash-Animationen von Chemie interaktiv aufmerksam gemacht. Es wurden Kurzkomentare und Links integriert.

Der Deutsche Bildungsserver [51] ist ein Netzwerk mit grundlegenden Informationen zum deutschen und internationalen Bildungswesen. Seine Datenbanken verschaffen Zugang zu allen bildungsrelevanten Themen. Über die integrierte Suchmaschine ELIXIER [51] kann man mit Suchbegriffen in den verschiedenen Landesbildungsservern bzw. angeschlossenen Medienzentren suchen. In den Ergebnislisten sind ebenfalls Flash-Medien von Chemie interaktiv mit Kurzbeschreibungen und Hyperlinks erfasst.

Österreichs Schulportal für Chemie enthält in den Materialiensammlungen etliche Links und Beschreibungen auf die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Lehr- und Lernmedien [52].

Neben diesen geförderten Bildungsportalen werden in den Materialsammlungen vieler Schulen, Lehrer, Foren Beschreibungen, Hinweise und Links für Schülerrinnen und Schüler vermittelt [53-59].

4.9.3 Veröffentlichung über Fachzeitschriften

Über die Fachzeitschrift Praxis der Naturwissenschaften Chemie wurden die Hypermedia-Frameworks vorgestellt und diskutiert [vgl. 4.1 / 4.2 / 4.3] [6] [8]. Flashmedien wurden ebenfalls in der PdNCh beschrieben: „Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle“ [9] (interaktive Flash-Lerngeschichte) und „Teilchenmodelle im Anfangsunterricht Chemie“ (Flash-Folien) [10].

In „life + science“ (8-10/2007) wurde im Sonderheft für Lehrer „Spannung der Schule – ausgezeichnete Konzepte für den Unterricht“ ein Artikel von Ulrike Dexheimer und Alexandra Pupke mit dem Titel „Mord am Teil: Der Oberflächenspannung auf der Spur“ veröffentlicht [12]. Hier wird das Konzept eines Lernzirkels vorgestellt, in dem nach der 1. Station mit dem Schülerexperiment in der 2. Station die Flash-Lerngeschichte zur Oberflächenspannung des Wassers zum Einsatz kommt.

4.9.4 Vorstellung auf Fortbildungsveranstaltungen

Die erstellten Medien wurden auf verschiedenen Lehrerfortbildungsveranstaltungen in Duisburg, Essen, Paderborn, Mülheim, Wuppertal, Köln und Bonn z. T. mit praktischen Übungen vorgestellt und diskutiert. [FB1 bis FB10]. Außerdem wurden die Medien von Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Tausch in Bremen, Köln, Berlin, Wien, Graz, München, Bern, Luzern u. a. im Rahmen von Lehrerfortbildungskursen verwendet und evaluiert.

4.9.5 Vorstellung durch das Projekt „Naturwissenschaften entdecken“

Im Auftrag des BMBF wird im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2009 – Expedition Deutschland [60] durch das Projekt „Naturwissenschaften Entdecken“ ein Materialordner mit Handreichungen für Lehrerinnen und Lehrer zu den Themen des Wissenschaftsjahres erstellt. Dieser Materialordner und ein dazugehöriger USB-Stick mit Software werden u. a. im Wissenschaftszug [61] verteilt. Im Materialordner und auf dem Stick werden Medien von Chemie interaktiv veröffentlicht.

4.9.6 Email-Rückmeldungen von Kollegen, Schülern und Studenten

Über die im Webportal angegebene Email-Adresse haben Lehrer, Referendare, Schüler, Seminarleiter und auch Eltern Kontakt aufgenommen. Die unterschiedlichen Anliegen sind in der folgenden tabellarischen Übersicht zusammengestellt.

Mitteilungsaspekt	Reaktion / Beantwortung
1. Materialbelobigungen z. T. mit Hinweisen auf die häufige Nutzung im Unterricht	Antwort mit Hinweisen auf neue geplante Animationen
2. Technische Probleme beim a) Öffnen b) Download	Hilfestellungen per Mail, z. T. wiederholt
3. Rechtliche Fragen a) Installation auf dem Schulserver b) Kopieren der Programme und Weitergabe c) Installation auf Lehrer-Homepage d) Verwendung in Vorträgen (Seminare / Lehrerausbildung, Studenten / Universitäten)	Hinweis auf freie Nutzung zu Lehr- und Lernzwecken
4. Fehlermeldungen a) Tippfehler b) Layoutfehler: Textteile nicht sichtbar oder verschoben	Korrekturen im Programm; neues Update; persönliche Rückmeldung, ggfs. wiederholt;

<p>5. Didaktisch-methodischer Austausch</p> <p>a) Anfragen nach weiteren bzw. ergänzenden Animationen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stromleitung in Halbleitern (Worddokument mit Ideen mitgeschickt) - Anfrage Protolysereaktion - Anfrage biologische Themen <p>b) Sachkritik / Forderung nach Veränderungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Forderung nach Elektrodenveränderungen am galvanischen Element während des Betriebs - Kritik an der Spannungsmessung am galvanischen Element bei gleichzeitig gezeigten Elektrodenreaktionen (Hinweis auf Versuch über Nacht) - Erkenntnistheoretische und lernpsychologische Aspekte <p>c) Anfrage nach Präsentationsmaterial für die Seminararbeit</p>	<p>Ergänzung später eingearbeitet analog zu den existierenden Animationen zur Stromleitung in Lösungen bzw. Metallen</p> <p>Eigene Planung bereits fertig</p> <p>zurückgestellt</p> <p>muss später ergänzt werden</p> <p>Änderung der Animation durch den Einbau einer neuen Funktion mit Umschaltung zwischen Spannungsmessung und Strommessung</p> <p>„Superlupe“ → Denkblase kommt später und exemplarisch</p> <p>- Erscheint bald</p>
---	---

Tabelle 13: Sortierung der Email-Rückmeldungen und Beantwortungen.

Die meisten Kontakte beziehen sich auf technische Fragestellungen zur Nutzung / Einrichtung der Flash-Medien. Mit einer didaktischen Kritik sind Kolleginnen und Kollegen zurückhaltend.

4.9.7 Einbindung von Animationen als Online-Ergänzungen in Schulcurricula und Unterrichtsreihen zum neuen Kernlehrplan Chemie G8

Im Auftrag des Kultusministerium erstellt die Bezirksregierung Köln unter dem Namen „Netzwerk Chemie“ Schulcurricula und Unterrichtsreihen zum neuen Kernlehrplan Chemie G8. In den Ausarbeitungen, die in Kürze über das Internet veröffentlicht werden, sind Flash-Medien von Chemie interaktiv als Online-Ergänzungen eingebunden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Softwarebausteine als Lehr- und Lerntools auf der Basis von Flash-Animationen für den Chemieunterricht entwickelt und evaluiert.

Diese digitalen Medien stellen durch die Präsentation dynamischer Modelle eine mediale und didaktisch-methodische Innovation für den Unterricht dar. Sie begründet sich in der Veranschaulichung der Dynamik und der Veränderbarkeit „chemischer“ Objekte sowohl auf der makroskopischen Stoffebene als auch auf der submikroskopischen Modellebene der Teilchen in Trickfilmszenarien.

Die Elementarprozesse bei chemischen Reaktionen von den Ausgangsstoffen zu den Produkten werden auf der Modellebene veranschaulicht. Reaktionsbedingungen und –ereignisse können durch geeignete interaktive Animationselemente ergänzend integriert werden. Viele grundlegende chemische Zusammenhänge, aber vor allem auch innovative Chemiethemata, und neue, zukunftsweisende Technologien wurden durch Animationen mit gezielten Akzentuierungen transparenter gestaltet und für die Vermittlung im Chemieunterricht oder in der Lehre adaptiert.

Dabei wurde dem Aspekt der Anschaulichkeit eine besondere Bedeutung zugemessen. Sie hilft vor allem Lernschwierigkeiten zu überwinden, die sich oft hinter der Theorielastigkeit statischer Modellbetrachtungen bei der Erfassung, Analyse und Deutung verbergen. Durch dynamische Modelle gelingt die visuelle und z. T. auch akustische Fokussierung der Schülerinnen und Schüler umfassender in Bezug auf die Vermittlung von Vorgängen und Zusammenhängen.

Beim Forschungs- und Entwicklungsprozess von Medien im Rahmen dieser Arbeit haben sich folgende vier miteinander verzahnte Arbeitsorientierungen herauskristallisiert, die als Leitgedanken die Einzelprojekte gestützt und gelenkt haben und deren Berücksichtigung sich als zwingende Notwendigkeit für die Entwicklung, Evaluierung und Qualitätssicherung effektiver Unterrichtsmaterialien erwiesen haben:

- die **Inhaltsdimension**, die die in Lehrplänen und Schulcurricula enthaltenen animationswürdigen Inhalte benennt und beschreibt;
- die **didaktische Dimension**, die Forderungen nach geeigneten und sinnvollen Modelldarstellungen formuliert (Teilchenmodelle / virtuelle Versuche / interaktive Aufgaben);

- die **medienmethodische Dimension**, die jeweils projektorientiert eine bestimmte Art und Weise der Modelldarstellung und Modellvermittlung einfordert (präsentierend - informierend – interaktiv – tutoriell begleitend);
- die **Dimension der Unterrichtsimpementation**, die die Integration der digitalen Medien in die Unterrichtsplanung und -gestaltung beschreibt und didaktisch-methodisch begründet (Lernprozess/Lernschritte/Aktionsformen/ Sozialformen), aber ggfs. auch Variationen der Medien für alternative Unterrichtswege konzipiert.

Diese Arbeitsorientierungen stellen zusammen mit den Kriterienkatalogen der Lernpsychologie zum Design von Multimedia ein strategisches Instrumentarium für die Sicherung der Qualität bei der Entwicklung valider und reliabler Flash-Unterrichtsmedien dar.

Es wurden ca. 100 Flash-Programme als Prototypen methodisch variiertes Lehr- und Lerntools erstellt und veröffentlicht. Ausgehend von den Lernbausteinen, die anfänglich den ersten Tests der technischen Möglichkeiten der Entwicklerwerkzeuge erwachsen, wurden zunehmend professionellere Flash-Medien mit einheitlichem Rahmenprogramm und für den Unterricht mit schüler- bzw. lehrerfreundlichen Bedienoberflächen kreiert. Damit einhergehend differenzierten sich die Entwicklungen zu medienmethodischen Varianten. Diese, dem Namen nach als Lern- oder Lehrmedien bezeichneten Bausteine, reichen von Selbstlernmedien in Form von Lerngeschichten über interaktive Module bis hin zu Arbeitsanimationen für das Unterrichtsgespräch in Form von so genannten Flash-Folien, die allesamt im Zeitrahmen artikulierter Unterrichtsstunden platziert werden können. Damit wird für Lehrerinnen und Lehrer eine Vielfalt multimedialer Bausteine für einen attraktiven Methodenmix im Unterricht bereitgestellt.

Über den Gewinn für das chemische Verständnis hinaus können die entwickelten Materialien einen Beitrag zur Förderung der Medienkompetenz von Lernenden bei der Informationsbeschaffung und –auswertung sowie im Umgang mit digitalen Systemen und Netzwerken leisten. Präsentationen, die sich im Zusammenhang mit den in dieser Arbeit entwickelten Medien anbieten, entwickeln und trainieren insbesondere die Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Die positive Resonanz, die sich in den Rückmeldungen von Nutzern (vorwiegend Lehrerinnen und Lehrer), in der Aufnahme auf Bildungsservern durch Verlinkung und didaktische Diskussion der in dieser Arbeit entwickelten Medien und nicht zuletzt in dem beachtlichen Transfervolumen zeigt, unterstützt die Forderung nach der Entwicklung von neuen Flash-Medien für weitere grundlegende und innovative Inhalte.

6. Verzeichnisse

6.1 Linkliste der Medien

Erläuterungen: „L“: Online-Aufruf; „D“: Download der Offline-Version.

[Stand: September 2009]

- L 1 **Teilchenmodell zum Wasser (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_wasser_modell.html
- D 1 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_wasser_modell.zip*
- L 2 **Teilchenmodelle von Eis und Wasser (FI) (Dichteanomalie Teil 1)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_wasser_eis_teilchenmodell.html
- D 2 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_wasser_eis_teilchenmodell.zip*
- L 3 **Der Schmelzvorgang von Eis in einer Teilchenanimation (FF) (Dichtean. Teil 2)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_wasser_eis_schmilzt.html
- D 3 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_wasser_eis_schmilzt.zip*
- L 4 **Der Gefriervorgang von Wasser in einer Teilchenanimation (FF) (Dichtean. Teil 3)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_wasser_gefriert.html
- D 4 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_wasser_gefriert.zip*
- L 5 **Was ist „anomal“ am Stoff Wasser? (FI) (Dichteanomalie Teil 4)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_wasser_dichteanomalie.html
- D 5 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_wasser_dichteanomalie.zip*
- L 6 **Die Oberflächenspannung des Wassers (FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_oberflaeche.swf
- D 6 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_oberflaeche.zip*
- L 7 **Teilchenmodell zur Salzlösung (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_loesung_salz_modell.html
- D 7 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_loesung_salz_modell.zip*
- L 8 **Auflösung von Kochsalz unter dem Binokular (FF)**
http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_loesung_salz.swf
- D 8 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_loesung_salz.zip*
- L 9 **Teilchenmodell zur Auflösung eines NaCl-Kristalls in Wasser (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_loesung.html
- D 9 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_loesung.zip*

- L10 **Reaktion von Natrium mit Chlor (FI und FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_naclsynthese1.html
- D10 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_naclsynthese1.zip
- L11 **Aufbau von Kochsalzkristallen (FF bzw. FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_nacl_kristalle_modell.html
- D11 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_nacl_kristalle.zip
- L12 **NaCl-Synthese in Videoclips, Flash-Folien, Lerngeschichte (FF bzw. FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/nacl_synthese_anim.swf
- D12 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/nacl_synthese_anim.zip
- L13 **Ionenbildung (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/LN1/nacl_filme/ionenbildung.swf
- L14 **Das Periodensystem der Elemente (FF bzw. FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/pse2.html
- D14 <http://www.chemie-interaktiv.net/download/pse.zip>
- L15 **Stromleitung in Metallen (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_stromleitung_metall.html
- D15 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_stromleitung_metall.zip
- L16 **Stromleitung in Lösungen (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_stromleitung_loesung.html
- D16 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_stromleitung_loesung.zip
- L17 **Stromleitung in Halbleitern (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_stromleitung_halbleiter.html
- D17 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_stromleitung_halbleiter.zip
- L18 **Eisen reagiert in einer Kupfersulfatlösung (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_eisen_kupfersulfat.html
- D18 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_eisen_kupfersulfat.zip
- L19 **Funktion einer galvanischen Zelle (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_galvanische_zelle.html
- D19 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_galvanische_zelle.zip
- L20 **Aufbau und Funktion einer Zink-Kohle-Batterie (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_zink_kohle_batterie.html
- D20 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_zink_kohle_batterie.zip

- L21 **Ein Schlüssel wird verkupfert (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_galvanisieren.html
- D21 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_galvanisieren.zip
- L22 **Aggregatzustände im Vergleich und ihre Übergänge (FF / FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_aggregat.html
- D22 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_aggregat.zip
- L23 **Verbrennung von Eisenwolle (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_verbrennung_eisen.html
- D23 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_verbrennung_eisen.zip
- L24 **Verbrennung von Holz (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_verbrennung_holz.html
- D24 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_verbrennung_holz.zip
- L25 **Chromatographie von Filzstiftfarbe (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_chromatographie_filzstift.html
- D25 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_chromatographie_filzstift.zip
- L26 **Phenolphthalein – zwei Gesichter (FI)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_phenolphthalein.html
- D26 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_phenolphthalein.zip
- L27 **Cyclodextrin bildet mit Phenolphthalein Wirt-Gast-Komplexe (FF und FI)**
<http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/cyclodextrin.swf>
- D27 <http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/cyclodextrin.zip>
- L28 **Ein Fall für zwei (Sammlung von FF / FI / LS)**
http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_ein_fall_fuer_zwei.html
- D28 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_ein_fall_fuer_zwei.zip
- L29 **Die Reaktion von Natrium mit Chlor (FLG)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_naclsynthese_schalenmodell.html
- D29 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_naclsynthese_schalenmodell.zip
- L30 **Die Dichteanomalie des Wassers (FLG)**
<http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/dichteanomalie.swf>
- D30 <http://www.chemie-interaktiv.net/download/dichteanomalie.zip>

- L31 **Wasser als Lösungsmittel für Salze (FLG)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/salz_wasser.swf
- D31 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/salz_wasser.zip*
- L32 **Die Oberflächenspannung des Wassers (FLG)**
<http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/oberflaeche.swf>
- D32 *<http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/oberflaeche.zip>*
- L33 **Die Hydrophobierung von Oberflächen (IFLG)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/silicon_hydrophob.swf
- D33 *http://www.chemie-interaktiv.net/download/silicon_hydrophob.zip*
- L34 **Der hüpfende Kitt (IFLG)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/silicon_huepfkitt.swf
- L35 **Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle (IFLG)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/tropfstein9_flash8.swf
- D35 *<http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/tropfstein.zip>*
- L36 **Nachweis alkalisch reagierender Ammoniakdämpfe (IFA)**
<http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/Ammoniak-variante3.swf>
- L37 **Die Synthese von Chlorwasserstoff (IFA)**
http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/chlorwasserstoff_version9.swf
- D37 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/hcl_synthese.zip*
- L38 **Erkunden der Funktionen eines galvanischen Elements (IFA)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_galvanisches_element.html
- D38 *http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_galvanisches_element.zip*
- L39 **Virtuelle Ermittlung einer Spannungsreihe (IFA)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/redox.swf
- D39 *<http://www.chemie-interaktiv.net/download/redox.zip>*
- L40 **Stromleitung in Metallen, Lösungen und Halbleitern (IFA)**
<http://www.chemie-interaktiv.net/bilder/stromleitung.swf>
- D40 *<http://www.chemie-interaktiv.net/download/stromleitung.zip>*
- L41 **Beschreibung der NaCl-Synthese mit Grafiksymbolen (FAuf)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_nacl_reaktion_interaktiv.html
- D41 *http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ff_nacl_reaktion_interaktiv.zip*
- L42 **Übung zur galvanischen Zelle (FAuf)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_uebung_galzelle.html
- D42 *http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_uebung_galzelle.zip*

- L43 **Übung zum PSE – Symbole zuordnen (FAuf)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_pse_symbole_zuordnen.html
- D43 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_pse_symbole_zuordnen.zip
- L44 **Übung zum PSE – Kreuzworträtsel (FAuf)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_pse_kreuzwortraetsel.html
- D44 http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_pse_kreuzwortraetsel.zip
- L45 **Stromleitung in Wasser (FLP)**
http://www.chemie-interaktiv.net/material/lp_stromleitung_in_wasser/lp_stromleitung_in_wasser.html
- D45 http://www.chemie-interaktiv.net/download/lp_stromleitung_in_wasser_teil1.zip
http://www.chemie-interaktiv.net/download/lp_stromleitung_in_wasser_teil2.zip
- L46 **Von der Pflanze zum Photosystem (FLS)**
http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_lp_pflanze_photosystem.html
- D46 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_lp_pflanze_photosystem.zip
- L47 **Exp. Untersuchung von Chlorophyll und β -Carotin im Licht/UV-Licht (FLS)**
http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_lp_chlorophyll_carotin.html
- D47 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_lp_chlorophyll_carotin.zip
- L48 **Praktikumsanalyse: Zusammenspiel von Chlorophyll und β -Carotin (FAP)**
http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_praktikum.html
- D48 http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/chemie-interaktiv/ein_fall_fuer_zwei/effz_praktikum.zip
- L49 **Praktikums-Planung: Von der Kartoffel zur Folie (FAP)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/kartfolie_hq.html
- D49 http://www.chemie-interaktiv.net/download/kartfolie_hq.zip
- L50 **Hypermedia-Lernnetz: Die Synthese von Natriumchlorid (HMLN)**
http://www.chemie-interaktiv.net/LN1/nacl_html/start.html
- L51 **Hypermedia-3D-Molekülviewer A (3DM)**
http://www.chemie-interaktiv.net/jmol_viewer_la.htm
- L52 **Hypermedia-3D-Molekülviewer B (3DM)**
http://www.chemie-interaktiv.net/jmol_viewer_lb.htm
- L53 **Hypermedia-3D-Molekülviewer C (3DM)**
http://www.chemie-interaktiv.net/jmol_viewer_lc.htm

- L54 **Hypermedia-3D-Molekülviewer D (3DM)**
http://www.chemie-interaktiv.net/jmol_viewer_ld.htm
- L55 **Hypermedia-Lernprogramm: Stromleitung in Wasser (HMLP)**
http://www.chemie-interaktiv.net/Projekt_1_Stromleitung_in_Wasser/start.html
- L56 **Online-Workshop zum Zeichnen von Molekülen**
http://www.chemie-interaktiv.net/workshop_formel_startseite.htm
- L57 **Webseite der Flash-Animationen**
<http://www.chemie-interaktiv.net/flashfilme.htm>
- L58 **Webseite mit Beschreibungen zu Flash-Animationen**
http://www.chemie-interaktiv.net/flashfilme_beschreibung.htm
- L59 **Webseite der Flash-Folien**
<http://www.chemie-interaktiv.net/ff.htm>
- L60 **Die Metallbindung (FF)**
http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_metallbindung.html
- D60 *http://www.chemie-interaktiv.net/download/ff_metallbindung.zip*

6.2 Literatur

6.2.1 Fachdidaktische Literatur und Fachliteratur

6.2.1.1 Print-Medien

- [1] Kant, Immanuel. Kritik der Urteilskraft. 1790. Herausgeber: Klemme, Heiner F. Felix Meiner Verlag, Hamburg **2006**, Seite 208
- [2] Unruh, T., Petersen, S. Guter Unterricht – Praxishandbuch. AOL-Verlag, Lichtenau **2006**
- [3] Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H.J.: Konkrete Fachdidaktik Chemie. Oldenbourg, **2004**
- [4] Meyer, Hilbert. Leitfaden Unterrichtsvorbereitung. Cornelsen, **2008**
- [5] Peterßen, W.H.: Kleines Methoden-Lexikon. Oldenbourg, **2005**
- [6] Eilks, I., Krilla, B., Ralle, B., Schmitz, R.-P., Tausch, M.W.: Lernsoftware – Lernen mit den neuen Medien als eine Bereicherung des Chemieunterrichts? PdN-Ch 50 (**2001**), H. 7, S. 2
- [7] Nick, S., Andresen, J.: Chemnet - Hypermedia-Framework. PdN-Ch 50 (**2001**), H. 7, S. 5

- [8] Schmitz, R.-P., Tausch, M.W.: Ein Hypermedia-Lernetz. PdN-Ch 50 (2001), H. 7, S. 24
- [9] Schmitz, R.-P., Tausch, M.W.: Tropfsteinhöhlen und Kreislauf des Kohlenstoffdioxids in der Natur – Eine PC-Anwendung für das Internet und CD-Rom. PdN-Ch 49 (2000), H. 7, S. 13
- [10] Schmitz, R.-P., Tausch, M.W.: Teilchenmodelle in Flash-Animationen. PdN-Ch 58 (2009), H. 7
- [11] I. Eilks, B. Krilla, B. Flintjer, H. Möllencamp, W. Wagner, V. Pietzner, S. Schanze, T. Wittek: Computer und Multimedia im Chemieunterricht heute – Eine Einordnung aus didaktischer und lerntheoretischer Sicht. Gesellschaft Deutscher Chemiker, Fachgruppe Chemieunterricht, Arbeitsgruppe Computer im Chemieunterricht, 2004
Online-Zugriff: http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/computerkurs/fachgruppe_chemieunterricht___stellungnahme.pdf (Zugriff: Juni 2009)
- [12] Rey, G. D.: Lernen mit Multimedia. Dissertation an der Universität Trier, Fachbereich Psychologie, 2007. Online-Verfügbarkeit unter: <http://ubt.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2008/450/>. (Zugriff: August 2009)
- [13] Rey, G. D.: E-Learning – Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung. Huber Verlag, Bern 2009
- [14] Rey, G. D.: E-Learning – Theorien, Gestaltungsempfehlungen und Forschung. Internetportal: <http://www.elearning-psychologie.de/>. (Zugriff: August 2009)
- [15] Rey, G. D.: Neuronale Netze. Internetportal: <http://www.neuronalesnetz.de/>. (Zugriff: August 2009)
- [16] Drexheimer, U., Pupke, A.: Mord am Teich: Der Oberflächenspannung auf der Spur. Life + science 5 (2007), Sonderheft für Lehrer: Spannung in der Schule. derLife science, H. 3, S. 6
- [17] Tausch, M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie 2000+ Sekundarstufe II. C.C.Buchner, 2007
- [18] Tausch, M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie 2000+. Band I. C.C.Buchner, 2001
- [19] Tausch, M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie 2000+. Band II. C.C.Buchner, 2004

- [20] Tausch. M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie 2000+. Band III. C.C.Buchner, **2005**
- [21] Tausch. M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie 2000+. NRW 7. C.C.Buchner, **2008**
- [22] Tausch. M.W., von Wachtendonk, M.: Chemie Sekundarstufe I. C.C.Buchner, **1996**
- [23] Wehling, A.: Zweiphotonenuntersuchungen zur Rolle von Carotinoiden in der Regulation der Photosynthese. Dissertation. Braunschweig, **2006**
- [24] Elli, A. F.: Spektroskopische Untersuchungen an einzelnen Photosystem I-Komplexen aus Cyanobakterien. Dissertation, Stuttgart, **2007**
- [25] Stork, H.: „Was bedeuten die aktuellen Forderungen ‘Schülervorstellungen berücksichtigen, ´konstruktivistisch´ lehren!’ für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe I?“. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 1 (**1995**), H.1 S. 15-28

6.2.1.2 Online- Medien und digitale Medien auf CD-Rom

[Stand: September 2009]

- [26] **Chemiedidaktik-Homepage der Bergischen Universität Wuppertal.** Url: „<http://www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de>“. Menüführung zu den Materialien.
- [27] **Internetportal „Chemie interaktiv“.** Sammlung von Lehr- und Lernbausteine für den Chemieunterricht: Online-Aufruf, Download, didaktische Kommentare, Kurzbeschreibungen, CD-Cover, Faltpapier als CD-Hülle. Url: „<http://www.chemie-interaktiv.net>“.
- [28] **Chemiedidaktik-Homepage der Universität Bayreuth.** <http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/index.htm>.
- [29] **Chemiedidaktik-Homepage der Universität Bielefeld.** Themenorientierte Hypermedia-Sammlung. Url: „<http://www.chemieunterricht.de/dc2/>“.
- [30] **Virtual Chemistry.** Webseite der Universität Oxford. <http://www.chem.ox.ac.uk/vrchemistry/>. Datum des Zugriffs: 5.5.2009.
- [31] Sietz, Pick, Kowalzik. cliXX Chemie. Harri Deutsch Verlag. Frankfurt 1999.
- [32] ChemgaPedia: Enzyklopädie zur Chemie. Url: <http://www.chemgapedia.de/vsengine/topics/de/vlu/index.html>. Datum des Zugriffs: 27.9.2009

- [33] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/301375.php>“. Thema: Praktische Versuche kontra virtuelle Experimente? Autor: Manfred Amann.
- [34] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/301450.php>“. Thema: Animation per Flash – Prädikat „Besonders wertvoll“. → *Die Synthese von Natriumchlorid (FF)*. Autor: Manfred Amann.
- [35] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/chlorknallgas.php>“. Thema: Flash-Animation zur Chlorknallgasreaktion (IFA) . Autor: Dr. André Diesel.
- [36] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/kochsalzkristalle.php>“. Thema: Der Aufbau von Kochsalzkristallen (FF). Autor: R.-P. Schmitz.
- [37] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/gleichung-nacl-synthese.php>“. Thema: Reaktionsgleichung für die NaCl-Synthese (FAuf). Autor: R.-P. Schmitz.
- [38] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/eisen-kupferionen.php>“. Thema: Flash-Reaktion von Eisen mit Kupferionen (FF). Autor: R.-P. Schmitz.
- [39] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/295493.php>“. Thema: Flash-Animation zur Stromleitung bei Energiezufuhr (IFA). Autor: Dr. André Diesel.
- [40] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/oberflaechenspannung-h2o.php>“. Thema: Die Oberflächenspannung des Wassers (FLG). Autor: R.-P. Schmitz.
- [41] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/3d-molekuelviewer.php>“. Thema: Strukturen organischer Moleküle (3DM). Autor: R.-P. Schmitz.
- [42] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/dc.php>“. Thema: Dünnschichtchromatographie – Farbstoffe, Schmerztabletten. → *Flash-Animation zur Chromatographie (FF)*. Autor: Wolfgang Rechtsteiner.
- [43] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/kalkkreislauf.php>“. Thema: Kalklösung in Gesteinen & Kalkbildung im Trinkwasser. → Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle (IFLG). Autor: Gregor von Bostel.
- [44] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/chemsketch.php>“. Thema: ACD/ChemSketch. → *Chemie interaktiv – Moleküle (3DM)*. Autor: Thomas Engel.

- [45] **Lehrer-Online.** URL: „<http://www.lehrer-online.de/579814.php>“.
Thema: Molekülbetrachter, Dynamische Arbeitsblätter, DNA. → *Chemie interaktiv – Die DNA im Molekül-Viewer (3DM)*. Autor: Matthias Nolte.
- [46] **Bildungsserver Hessen.** Url: „<http://lernarchiv.bildung.hessen.de>“ → Sekundarstufe I → Chemie →
- a) Internet-Portale → *Chemie interaktiv (allgemein)*
 - b) Chemie im Bildungsgang G8 → Salze – Elektrolyse – Ionenbegriff
→ *Lernprogramm: Stromleitung in Wasser (FLP)*
 - c) Thematische Schwerpunkte → Salze
→ *Die Synthese von Natriumchlorid (FF-Sammlung)*
→ *Link zur Beschreibung*
→ *Aufbau von Kochsalzkristallen (lehrer-online)*
 - d) Thematische Schwerpunkte → Wasser
→ *Dichteanomalie des Wassers (FLG)*
→ *Oberflächenspannung des Wassers (FLG)*
 - e) Thematische Schwerpunkte → Anfangsunterricht
→ *Rundgang durch eine Tropfsteinhöhle (IFLG)*
 - f) Thematische Schwerpunkte → Elektrochemie
→ *Galvanische Zelle – virtuelles Experimentieren - Spannungsreihe (iFA)*
- [47] **Hamburger Bildungsserver.** Url: „<http://www.hamburger-bildungsserver.de/index.phtml?site=faecher.chemie>“.
→ Chemie interaktiv. Multimediabausteine im Flash-Format sowie Lehr- und Lerntools. Bereit gestellt von der Universität Wuppertal.
- [48] **Regionales Medienzentrum Gießen-Vogelsberg.**
Url: „<http://www.mauszentrum.de/start/materialien/chemie.htm>“.
- a) Online-Materialien.
→ Chemie interaktiv – Flashanimationen und interaktive Lernprogramme
 - b) M@AUS-Fortbildungsmodul (Unterrichtsreihen mit Medieneinsatz)
→ Online-Modul „Säuren und Laugen“.
Url: „http://www.schulserver.hessen.de/hungen/gs/fb_chemie/“
→ Ch Interaktiv - Aufbau einer Mediothek / Inhalte und Begründung / Anleitung
→ Interaktive Animationen – *Lösungsvorgang von NaCl (FF)*
– *Chlor mit Wasserstoff (FF) – Rundgang Tropfsteinhöhle (IFLG)*

[49] Landesbildungsserver Baden-Württemberg.

Url: „<http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/chemie/cheminter/>“

- a) → Chemie interaktiv – Multimedia – Bausteine für den Chemieunterricht.
Lehr- und Lerntools.
- b) → Moleküle mit Chime
- c) → Flash-Folien

[50] Universität Paderborn. Medien Newsletter 2/2008.

Url: „http://plaz.uni-paderborn.de/Service/MedienNewsletter/~2008/2_2008.html“

→ Lernen im Internet und mit dem Computer → Chemie

- a) → Die Oberflächenspannung des Wassers (lehrer-online.de)
- b) → Kalklösung in Gesteinen & Kalkbildung im Trinkwasser (lehrer-online.de)

[51] Deutscher Bildungsserver.

Url: „<http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=5216>“. Kooperationsprojekt „Elixier“ (*Elaborated Lists in XML for Internet Educational Resources*).

Url: „<http://www.bildungsserver.de/elixier/>“. Suche im Webportal.
Stichwort „Chemie interaktiv“

- a) → Die Oberflächenspannung des Wassers (FLG)
- b) → Die Dichteanomalie des Wassers (FLG)
- c) → u.a. in Arbeit

[52] Österreichs Schulportal für Chemie.

Url: „<http://ch.schule.at>“. → Kategorien → Schulchemie

a) → Software → Chemie interaktiv - Multimedia-Bausteine -
Lehr- und Lerntools für den Chemieunterricht

b) → Versuche → virtuelle Versuche → Chemie interaktiv -
Interaktive Chemiesimulationen und animierte virtuelle Versuche
"vom Feinsten" finden Sie in Duisburg - vor langer Zeit erstmalig
vorgestellt, hat sich die virtuelle Versuchssammlung zu einer wahren
Fundgrube weiterentwickelt.

- c) → Chlorknallgasexplosion (Artikel in lehrer-online.de)
- d) → *Darstellung von Chlor (FF)*
- e) → *Natrium mit Chlor (FF)*

- [53] **Dänisches Bildungsportal: Physik / Chemie.**
Url: „http://www.emu.dk/gsk/fag/fys/ckf/fase1/1fokv/saltvand/forsoeg_med_saltvand/index.html“
→ Themen: Kochsalz, Lösung von Salz, Elektrolyse
- [54] **Gymnasium Neu Wulmstorf.** Url: „<http://www.gym-nw.de>“ → Fachbereiche
→ Aufgabenfeld C → Chemie – Materialien und Links
- [55] **Gymnasium Hummelbuettel.** Url: „<http://www.gymnasium-hummelsbuettel.de>“ → Fächerlinks → Chemie
→ *Trickfilme zur NaCl-Synthese (FF), Tropfsteinhöhlenentwicklung (IFLG), Spannungsreihe*
→ *Photosynthese (FF)*
- [56] **Katharinen Gymnasium Ingolstadt.** Url: „<http://www.katharinen.ingolstadt.de/index.php>“. → Features → Links → Chemie → Chemie interaktiv
- [57] **Lehrerhomepage.** Url: „http://www.bioruettmus.de/Schule/Chemie_SII/chemie_sii.html“. → *Die galvanische Zelle – Flash-Animation, Infos*
- [58] **Lehrerhomepage.** Url: „<http://chemiefachberater.de>“.
a) Materialien für die Sekundarstufe II
→ *Galvanische Elemente und Spannungsreihe der Metalle (IFA)*
b) Materialien für die Sekundarstufe I
→ *Teilchenveränderung bei Aggregatzustandsänderung (FF)*
→ *Stofftrennung durch Chromatographie (FF)*
→ *Reaktion von Natrium mit Chlor (FI)*
- [59] **Private Homepage.** Url: „<http://www.nwa-konzepte.de/links/links.html>“.
NWA-Konzepte – Wissenschaft hautnah erleben. → Chemie interaktiv.
Flash-Animationen zu Chemithemen – Unterrichtstipps
- [60] **Forschungsexpedition Deutschland.** Vom BMBF gefördertes Internetportal zum Entdecken von Wissenschaft und Forschung.
Url: <http://www.forschungsexpedition.de>
- [61] **Expedition Zukunft.** Vom BMBF gefördertes Internetportal über die Stationen und die Ausstellung im Wissenschaftszug. Url:
<http://www.expedition-zukunft.org>

6.2.2 Flash-Literatur

- [F1] Gräning, T.: Einstieg in Flash 8. Galileo Press, **2007**
- [F2] Moock, C., ActionScript für Flash MX. Das Handbuch. O`REILLY, **2003**
- [F3] Moock, C., ActionScript für Flash MX. Die Referenz. O`REILLY, **2003**
- [F4] Louis, D., Nissen, S.: Flash MX und ActionScript. Markt+Technik, **2002**
- [F5] Kannengießer, S.-C., Kannengießer, M.: Flash 8 Powerworkshops. Addison-Wesley, **2006**
- [F6] Brücher, J., Hugo, M.: Flash Mx ActionScript. Addison-Wesley, **2003**
- [F7] Peters, K.: Foundation Actionscript Animation. Making Things Move! Friends of ED, **2006**
- [F8] Elst, P., Yard, T.: Object-Oriented ActionScript for Flash 8. Friends of ED, **2006**
- [F9] Kommer, I., Mersin, T.: Spiele programmieren mit Flash MX. 12 ActionScript-Workshops. Hanser, **2003**
- [F10] Blatz, C., Marischka, G.: Flash 5 und ActionScript professional. Galileo Design, **2001**.
- [F11] Wolter, S.: Flash 5. Galileo Design, **2000**
- [F12] Busche, N.: ActionScript – Flash–MX-Programmierung. Verlag Moderne Industrie Buch AG & Co.KG, **2003**
- [F13] Reinhardt, R., Lentz, J.W.: ActionScript Flash 5-Programmierung. Verlag Moderne Industrie Buch AG & Co.KG, **2001**
- [F14] Plant, D.: Flash 3 – Creative Web Animation. Macromedia Press, **1998**
- [F15] Schmidt-Sichermann, W.: Der Flash 4 Kurs. Verlag Moderne Industrie Buch AG & Co.KG, **1999**
- [F16] Wolter, S.: Flash 4. Galileo Design, **2000**
- [F17] Online-Tutorials. Url: „<http://www.flashkit.com>“. (letzter Zugriff: 12/2008)
- [F18] Online-Tutorials. Url: „<http://www.flashworkers.de>“. (letzter Zugriff: 12/2008)

6.2.3 HTML-Literatur

- [H1] Cranford Teague, J.: DHTML and CSS for the world wide web. Peachpit Press, **2001**
- [H2] Laborenz, K.: CSS-Praxis. Galileo Press. Bonn, **2005**
- [H3] Rupp, S.: Workshop Fireworks CS3. dpunkt.verlag, **2007**

- [H4] Negrino, T., Smith, D.: JavaScript fürs World Wide Web. Markt+Technik, **2001**
- [H5] Mintert, S.: JavaScript 1.2. Addison-Wesley, **1998**
- [H6] Negrino, T., Smith, D.: JavaScript for the World Wide Web. Peachpit Press, **1999**
- [H7] Koch, S.: JavaScript. Dpunkt.Verlag, **1997**
- [H8] Campbell, B., Darnell, R.: Dynamic HTML. Markt & Technik, **1998**

6.3 Software

- [S1] Macromedia Studio 8 mit:
 - Dreamweaver 8 (HTML-Entwicklungen)
 - Flash Professional (Flash-Entwicklungen)
 - Flash-Paper
 - Fireworks (Grafik-Entwicklungen)
- [S2] Chime-Browser-Plugin und ChimeScript
- [S3] Jmol-Applet und JmolScript
- [S4] PDB-Molekül-Datei für Photosystem I und Photosystem II. PDB-Database:
<http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>
- [S6] ChemSketch 12 (Formeleditor). <http://www.acdlabs.com>
- [S7] Camtasia Studio 3 (Workshop-Entwicklung): <http://www.techsmith.com/>
- [S8] SnagIt 7.2 (Screen-Capture): <http://www.techsmith.com/>
- [S9] Edraw 1.0 (Software für Mindmapping / Netzstrukturen):
<http://www.edrawsoft.com/freemind.php>
- [S10] Xmind 3.0 (Software für Mindmapping): <http://www.xmind.net/>

[S11] Cmap tools (Software für Concept-Maps): <http://cmap.ihmc.us/>

[S12] WordPerfect X3 (Textverfassung): <http://www.corel.com>

[S13] Magix Video Studio delux 2005: <http://www.magix.com/de/>

6.4 Vorträge und Fortbildungsveranstaltungen

[FB1] „Das interaktive Klassenzimmer“. GDCH-Fortbildung an der Gerhard-Mercator Universität Duisburg. **1.6.1999.**

[FB2] „Multimediale Umsetzung einer Unterrichtsreihe zum Thema: Leitfähigkeit in wässriger Lösung“. Naturwissenschaftliches Kolloquium des Fachbereichs Chemie and der Universität-Gesamthochschule Essen. **27.1.2000**

[FB3] Fachtagung „Neue Medien“ im Rahmen der Initiative Förderung der Naturwissenschaften. Willy-Brandt-Schule Mülheim. **8.2.2000.**

[FB4] „Lernsoftware – Module für Internet und PC“. Chemieunterricht auf dem Weg ins dritte Jahrtausend. 17. Fortbildungs- und Vortragstagung der GDCH-Fachgruppe Chemieunterricht. Köln **7.-9.9.2000.**

[FB5] „Chemie interaktiv – Lernsoftware für den Chemieunterricht. Fortbildungsveranstaltung der Bezirksregierung. Bergisch-Gladbach **31.1.2001**

[FB6] „Das interaktive Klassenzimmer“. Workshop. T³-Regionaltagung NRW. Teachers teaching with tecnology. Im Auftrag der Bezirksregierung Düsseldorf. **22.9.2001**

[FB7] „Interaktive Chemie am Computer“. GDCh-Kurs Bremen. **27.-29.5.2002.**

[FB8] „Lernprogramme und Lernnetze im Chemieunterricht“. IfL – Institut für Lehrerfortbildung Mülheim / Ruhr. Paderborn **27.11.2002.**

[FB9] „Computereinsatz im Chemieunterricht“. IfL – Institut für Lehrerfortbildung Mülheim / Ruhr. Vortrag in Mülheim am **9.12.2003.**

[FB10] „Multimedia – Lehr- und Lerntools für den Chemieunterricht“. Frühjahrs-kolloquium des JCF Wuppertal-Hagen in der Bergischen Universität Wuppertal. **23.4.2009.**