

Reihe "Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen"

Herausgegeben von der
Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“

des Instituts für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung
der Universität Klagenfurt

Karlheinz Kockert

Offenes Lernen im Vergleich mit lehrerzentriertem Chemie-Unterricht am Beispiel „Löslichkeiten“

PFL-Naturwissenschaften, 2000-02

Studie

IFF, Klagenfurt-Wien, 2002

Betreuung

Helmut Kühnelt

Die Universitätslehrgänge „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen“ (PFL) sind interdisziplinäre Lehrerfortbildungsprogramme der Abteilung „Schule und gesellschaftliches Lernen“ des IFF. Die Durchführung der Lehrgänge erfolgt mit Unterstützung des BMBWK.

Inhaltsverzeichnis

Abstract/Kurzfassung

Offenes Lernen im Vergleich mit lehrerzentriertem Chemie-Unterricht am Beispiel „Löslichkeiten“

1. Ausgangssituation	1
1.1. Gruppe A: „Herkömmlicher Unterrichtsstil“:.....	1
1.1.1. Übersichtsplan der Stunden	1
1.1.2. Anmerkungen zu den Stunden	1
1.2. Gruppe B: „Offenes Lernen“	2
1.3. Evaluation.....	2
2. Methoden und Durchführung	3
2.1. Äußerer Rahmen:	3
2.2. Gruppe A: Videoanalyse	3
2.2.1. Allgemeines zur Videoanalyse.....	3
2.2.2. Konkrete Vereinbarungen betreffend die Videostunde	3
2.2.3. Einbettung der drei Unterrichtsstunden bei Gruppe A.....	4
2.3. Gruppe B: Offene Lernmaterialien.....	4
2.4. Informativer Test und Fragebogen:	4
3. Ergebnisse	5
3.1. Gruppe A: Videoaufzeichnung	5
3.1.1. Rückmeldungen der Beobachter nach der Videoanalyse:.....	5
3.1.2. Zeitmäßige Auswertung der Videoaufzeichnung:.....	6
3.1.3. Zusammenfassender Kommentar:.....	6
3.1.4. Ansatzpunkte für weitere Überlegungen nach der Videoanalyse:.....	6
3.2. Informativer Test:.....	7
3.2.1. Fragestellungen des informativen Tests zum Thema „Löslichkeiten“	7
3.2.2. Auswertung des informativen Tests:	8
3.3. Fragebogen.....	9
3.3.1. Fragen.....	9
3.3.2. Auswertung.....	9
3.3.3. Interpretation der Fragebogenergebnisse	10
3.4. Zeitaufwand.....	10
4. Erkenntnisse	11
Anhang	12

Offenes Lernen im Vergleich mit lehrerzentriertem Chemie-Unterricht am Beispiel „Löslichkeiten“

Abstract / Kurzfassung

Eine Unterrichtssequenz von 3 Unterrichtsstunden zum Thema „Löslichkeiten“ wurde einerseits in einer 7. Klasse Oberstufe RG in Form eines „herkömmlichen Unterrichtsgeschehens“ ohne viel eigene Schüleraktivitäten mit Videoanalyse und Unterrichtsbeobachtung von schulfremden Personen, andererseits in der Parallelklasse mit offenem Lernen (OL) gestaltet. Beide Klassen hatten gegen Ende des Schuljahres eine schriftliche Überprüfung (Informeller Test) des Wissensstandes zum Thema Löslichkeiten und eine Befragung zum Unterricht in Form eines kurzen Fragebogens.

Die Ergebnisse zeigen überblicksmäßig, dass die OL Gruppe beim Test etwas besser abschnitt, dass aber vor allem die Wissensvermittlung individuell als lustvoller und interessanter empfunden wurde.

Es gab Fragen, die selbst von den besten Schülern nicht mehr beantwortet werden konnten.

Der Vorbereitungsaufwand für den Lehrer ist für die OL Stunden ungleich höher, dies besonders beim erstmaligen Vorbereiten und Durchführen der Stunden, aber auch bei wiederholtem Einsatz des Materials.

Mag. Dr. Karlheinz Kockert

RG 3 Radetzkystr. 2a

1030 Wien

E-Mail-Adresse: KAKO1@gmx.at

1. Ausgangssituation

Es wurden jeweils 3 Unterrichtsstunden zum Thema Löslichkeiten - einerseits im „herkömmlichen Unterrichtsstil“ (Gruppe A) - andererseits mit „offenem Lernen“ (Gruppe B) gestaltet. Um einen ungefähren Eindruck des Wissensstandes und der Motivation, der subjektiven Zufriedenheit im Unterricht zu erhalten, wurde ein informativer Test und ein kleiner Fragebogen angeschlossen. Um die Unterrichtssequenzen der Gruppe A einigermaßen objektivieren zu können, wurde in der zweiten Unterrichtsstunde bei dieser Schülergruppe eine Videoaufzeichnung und -auswertung vorgenommen.

1.1. Gruppe A: „Herkömmlicher Unterrichtsstil“:

1.1.1. Übersichtsplan der Stunden

Stunde 1: „Löslichkeiten von Stoffen mit Ionenbindung“

Stunde 2: „Löslichkeitsprinzipien auf molekularer Ebene“ (Videoanalyse)

Stunde 3: „Mischbarkeit von Flüssigkeiten.“

1.1.2. Anmerkungen zu den Stunden

Zu Stunde 1:

Unterrichtsstil ähnlich wie die Stunde, die mit Video analysiert wurde. Lerninhalte: Hydrationsenergie, Gitterenergie. Versuche: Lösen von NaCl, NH₄Cl, KOH in Wasser als Lehrerexperimente.

Zu Stunde 2:

„Löslichkeitsprinzipien auf molekularer Ebene“ (Videoanalyse):

Eine Gruppe von 12 Lehramtskandidaten mit 2 Begleitpersonen haben im Rahmen der pädagogischen Ausbildung an der Uni Wien meinen Unterricht einer 7.Klasse RG am RG3, Ratzkystr. 2a, 1030 Wien, besucht, um zu überlegen, „welchen Unterrichtsstil diese als Lehrer einmal pflegen wollen.“¹ Ich habe mich als „Opfer“ zur Verfügung gestellt, um den Studenten die Erfahrung einer realen Unterrichtssituation mit „herkömmlichem Unterrichtsstil“² zu ermöglichen. Als „Gegenleistung“ habe ich um ein ausführliches fachliches, soziales und pädagogisches Feedback der beobachteten Stunde gebeten. Dies erfolgte direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit und schriftlich als Zusammenfassung vom Lehrveranstaltungsleiter, nachdem die Studenten als „Fachpublikum“ das Video mehrmals gesehen haben. Eine weitere Rückmeldung holte ich mir bei einem Unibesuch im Lehramtskandidatenpraktikum, nachdem ich das schriftliche Feedback und die Videokassette bekommen und beides durchgearbeitet hatte. Bei diesem Besuch wurde die Unterrichtsstunde nochmals besprochen.

Zu Stunde 3:

„Mischbarkeit von Flüssigkeiten“

Versuch der Stunde 2 (war offen geblieben) wird erklärt, Versuche zur Mischbarkeit und Löslichkeit werden gemacht: Wasser, Benzin, Sonnenblumenöl werden als Lösungsmittel verwendet (Kopie mit Strukturformeln) Es wird versucht Ceres, Butter, Kochsalz, Zucker, Isopropanol, Flüssigseife, Paraffinöl und Paraffin zu lösen. Die Resultate werden ins Heft geschrieben und Erklärungen dazu notiert.

¹ Zitat Lehrveranstaltungsleiter

² „Herkömmlicher Unterricht“ wird später bei der Auswertung des Videos genauer unter die Lupe genommen.

1.2. Gruppe B: „Offenes Lernen“

In der Parallelklasse wurden statt dieser drei Unterrichtsstunden drei Stunden „offenes Lernen“ durchgeführt.

1.3. Evaluation

Als Abschluss beider Unterrichtsgänge und zur persönlichen Überprüfung des Wissensstandes wurde ein kleiner informativer Test gemacht (für beide Gruppen gleich) und ein kleiner Fragebogen angeschlossen.³

³ Die offenen Lernmaterialien sind mindestens prinzipiell im Anhang beigelegt

2. Methoden und Durchführung

2.1. Äußerer Rahmen:

Der Saal ist ein neuerer ebener Chemie-Saal mit Abzug hinter der Tafel, daneben Projektionswand, Vorfuhrtschisch und 5 Tischreihen mit Keramiktischen. An Seiten und Rückwand befinden sich Schränke. Bei Gruppe A sind nur die ersten drei Tischreihen bei den Unterrichtsstunden von Schülern belegt. Bei der Gruppe B wird tischweise im Stationsbetrieb gearbeitet.

2.2. Gruppe A: Videoanalyse

2.2.1. Allgemeines zur Videoanalyse

Vordergründig betrachtet vereinigt die audiovisuelle Dokumentation die Vorteile der auditiven und visuellen Dokumentation und weist noch zusätzlich jenen des bewegten Bildes auf:

Vorteile:

- 1) Ton und Bild stehen sofort nach der Aufnahme zur Wiedergabe zur Verfügung und zwar *synchron* und *in realer Zeit*
- 2) Bestimmte Ereignisse können dadurch genauer analysiert werden
- 3) Mustererkennung (besonders, wo Verbales und Nonverbales miteinander verbunden sind) wird leichter.
- 4) Anderen Personen kann man die erlebte Situation anschaulich illustrieren und leicht darüber ins Gespräch kommen.

Nachteile:

- 1) Der Kamera mit Stativ wird viel Aufmerksamkeit entgegengebracht.
- 2) Eine sorgfältige Analyse erfordert viel Zeit (mehrmaliges Anschauen).
- 3) Die Privatsphäre der Schüler und des Lehrers sind nicht mehr gewahrt, da die Videoaufzeichnung eine sehr authentische Darstellung des Geschehens liefert. Wer diese Aufzeichnungen sehen darf, sollte daher im Vorfeld mit allen Beteiligten abgeklärt werden.

2.2.2. Konkrete Vereinbarungen betreffend die Videostunde

Es wurden die Schüler und ich gefragt, ob wir damit einverstanden sind, dass

- a) Lehramtskandidaten mit Betreuung den Unterricht beobachten;
- b) eine Videoaufzeichnung des Unterrichts gemacht wird;
- c) die Videoaufzeichnung zu Lehrzwecken an der Uni Wien besprochen und gezeigt werden.

Wir waren mit diesen Rahmenbedingungen einverstanden.

Die Videoaufzeichnung wurde räumlich so geführt, dass Stativ und Kamera hinter den Schülern aufgestellt wurde, so dass der ohnehin schon große Störfaktor der „Zuschauer“ nicht durch den „Aufnahmeeffekt“ verstärkt wurde. Eine Person bediente die Kamera. Die „Zuschauer“ saßen hinter den Schülern. Eine sofortige Auswertung der Stunde erfolgte direkt nach der Unterrichtseinheit.

2.2.3. Einbettung der drei Unterrichtsstunden bei Gruppe A

Diese 3 Unterrichtsstunden waren auch etwas geprägt von folgenden Faktoren.

- a) Ich wollte den Beobachtern eine normale Stunde „zeigen“, in der Stoff vermittelt wurde, also keine Übungsstunde, keine Versuchsstunde und keine Unterrichtsstunden mit offenen Lernmaterialien.
- b) Leider war die übernächste Unterrichtsstunde Chemietest. Normalerweise nutze ich die letzten drei Unterrichtseinheiten vor einem Test, um ausführlich zu üben und auch für Schülerfragen zur Verfügung zu stehen. Diese Übungsphasen musste ich nun vorverlegen, was zur Folge hatte, dass die Schüler noch nicht „gelernt“ hatten und mich in der Pause und auch in meiner Sprechstunde mit stofflichen Fragen „belagerten“.
- c) Ich wollte stofflich einfach fortfahren und zusätzlich etwas für mich Neues probieren – nämlich deduktives Schlussfolgern als naturwissenschaftliche Arbeitsmethode. Ich glaube, dass ein konventioneller Aufbau (induktiv) der Unterrichtseinheit mit vorheriger Versuchsdurchführung, Beobachtung, Erklärung, Schlussfolgerung und Anwendung in diesem Falle wohl günstiger gewesen wäre.

2.3. Gruppe B: Offene Lernmaterialien⁴

Die entwickelten, offenen Lernmaterialien habe ich in diesen drei Stunden zum ersten Mal von Schülern benützen lassen. Einige Verbesserungen, Überarbeitungen werden durch diese Erfahrungen bei der weiteren Durchführung dieser Stunden mit dieser Methode notwendig sein. Diese drei Unterrichtseinheiten waren vom äußeren Rahmen vielleicht etwas günstiger, da der Test bereits vorbei war, und es daher zeitlich keinen unmittelbaren Druck gab. Die Gruppe B war zu diesem Zeitpunkt stofflich etwas hinter der Gruppe A (ca. 3-4 Wochen). Die Vorbereitungszeit für alle Lernmaterialien betrug ca. 12 Arbeitsstunden.

2.4. Informativer Test und Fragebogen:

Der informative Test wurde *ca. 2 Monate nach* den drei Unterrichtsstunden zum Thema „Löslichkeiten“ durchgeführt. Die Gruppe mit den offenen Lernmaterialien hatte diesen Test am gleichen Tag, er fand aber *ca. 1 Monat* nach der Lernsequenz statt. Diese schriftliche Wissensüberprüfung war nicht angekündigt und beide Parallelklassen wurden am selben Tag in direkt aufeinanderfolgenden Stunden getestet, um möglichst wenig Zeit für etwaige Schülerabsprachen zu geben, welche die Resultate verfälschen könnten. Da es sich um informative Tests handelte, gingen sie *nicht* in die Chemie-Note ein. Ein ergänzender kleiner Fragebogen wurde angeschlossen.

⁴ Die entwickelten Offenen Lernmaterialien finden sich im Anhang 1

3. Ergebnisse

3.1. Gruppe A: Videoaufzeichnung

3.1.1. Rückmeldungen der Beobachter nach der Videoanalyse:⁵

3.1.1.1. Allgemeiner Eindruck über die Klasse:

Sie war außerordentlich „brav und ruhig“, hat - teilweise intensiv – mitgearbeitet. Zum Abschreiben der Texte von den OH-Folien wird relativ viel Zeit benötigt. Schüler stellen auch Fragen, setzen sich mit dem Stoff in der Unterrichtsstunde auseinander und sind am Fach Chemie relativ interessiert.

3.1.1.2. Konkretere Rückmeldungen, Zusammenfassung:

Allgemein werden eine entspannte, positive, auch durch Humor, Schlagfertigkeit und guter Lernatmosphäre geprägte Unterrichtssituation rückgemeldet, wobei es mir gelang durch direktes Ansprechen, Lob und Bestätigung und durch persönliche Zuwendung in Schülerarbeitsphasen meine Schüler zu motivieren und zu bestärken. Den „normalen klassischen Kriterien“ wie deutliche, auch inhaltlich vom Niveau verständliche Sprache, gut lesbare Folien, übersichtliches Tafelbild entsprach nach Meinung der Beobachter mein Unterrichtsstil. Die Experimente sind didaktisch gut aufbereitet und sauber vorgeführt mit deutlich sichtbarem Effekt.

Diskussionspunkte bildeten

- a) die Formulierung „Gleiches löst sich *in* Gleichem und der Gebrauch des Wortes „Verbindung“.
- b) „Lehrerpuzzlefragen“
- c) Auseinandersetzung mit Elektronegativitätswerten, Metallbindung
- d) Voraussetzungen, Vorwissen

⁵Zusammenfassende Auflistung der Rückmeldungen über diese Unterrichtseinheit vom Gespräch direkt nach der Videoaufzeichnung

3.1.2. Zeitmäßige Auswertung der Videoaufzeichnung:

Stichwort	Zeit	Bemerkung	Interaktionsform
Unterrichtsbeginn	3'	verspätet, Schüler tröpfeln ein	
Wiederholung 1	2'	mit Störung, Schüler tröpfeln noch immer ein	L-S
Wiederholung 2	1'		L-S
Arbeitsaufgabe 1 (A1)	30''		L
Durchführung	7' 30''	Schüler arbeiten für sich, Lehrer geht durch und betreut individuell	S denk
Besprechung A1	7'	an der Tafel aufgeschrieben, fragend entwickelnd	L-S
Frontalunterricht mit OH –Folie	2'	Schüler schreiben ab	L, S
Besprechung der Folie	5'	Schüler erarbeiten sich fragend entwickelnd Folieninhalt	L-S
Anwendung des Wissens auf Verbindungen an der Tafel	6'	Lehrervortrag frontal	L
Arbeitsauftrag 2	1'	Hypothesenbildung	L
Durchführung	2'	Schüler arbeiten für sich, Lehrer geht durch und betreut individuell	S denk
Besprechung	1'	Schüler bringt seine Hypothese	L-S, S
Abschreiben von OH Folie	2'	Folie mit ausformulierter Hypothese wird aufgedeckt und abgeschrieben	S abschreiben
Versuch Vorbereitung	1'	Lehrerversuch mit Schülerbeteiligung	L
Versuch Durchführung x 3	5'	Lehrerversuch mit Schülerbeteiligung	L, S
Auswertung	2'	Kann nicht zu Ende geführt werden, da die Stunde endet	L-S

3.1.3. Zusammenfassender Kommentar:

Schüler arbeiten in Summe ca. 10 Minuten (jeder für sich) am Thema.

Wiederholungen ca. 4 Minuten

Abschreiben von der Tafel/Folie: 4 Minuten

Ein Grossteil des theoretischen Unterrichts ist fragend entwickelnd (ca. 13')

Frontalunterricht nimmt ca. 8 Min.

Versuchsdurchführung als Lehrerversuch mit Schülerunterstützung benötigt 8 Min.

3.1.4. Ansatzpunkte für weitere Überlegungen nach der Videoanalyse:

Thema Unterrichtsbeginn:

Klasse tröpfelt ein – störend. Unternehme ich was dagegen?

Thema Stundenwiederholungen:

Einer wiederholt, alle anderen passen nicht auf. Andere Formen überlegen?

Thema Fachvokabular, Ausdrucksweise:

Mir sind während der Feedbackphasen 2x inhaltliche Mängel im Gebrauch von Fachvokabular rückgemeldet worden: Gleiches löst sich zwischen Gleichem nicht in Gleichem und das Wort Verbindung sollte immer nur für Stoffe mit kovalenter Bindung verwendet werden. Eine klare, fachlich möglichst richtige Formulierung ist meiner Meinung nach sehr wichtig und erstrebenswert – also aufmerksamer sein!

Eigene Anmerkungen:

Sozialkontakt war o.k., das „Experiment“ das Experiment am Ende durchzuführen sehe ich als nicht geglückt an. Die Idee, „deduktives Vorgehen“ im Unterricht umzusetzen, ist in diesem Kontext misslungen. Der Inhalt des Unterrichts war zu speziell und zu tiefgehend für die ganze Klasse. Eine detaillierte Erklärung ausgehend vom räumlichen Molekülaufbau und auch von der Bindungstheorie (polare Bindung) her, warum manche Moleküle sich zwischen einem bestimmten Lösungsmittel lösen und andere nicht, ist für den Großteil der Klasse nicht interessant und in diesem Detail vielleicht auch nicht sinnvoll.

Vergessenes:

Ich hatte den Schülern versprochen, eine Kopie mitzunehmen, die ich auch vorbereitet hatte. Ich habe aber am Stundenanfang vergessen, sie auszuteilen – während der 1. Schülerarbeitsphase ist es mir eingefallen und ich hab sie einfach ausgeteilt, ohne daran zu denken, dass ich damit die Schüler aus ihrer Arbeitsphase etwas herausreiße.

Obwohl ich mir jede Stunde bei jeder Klasse aufschreibe, welcher Stoff gerade wie durchgemacht wurde passiert es manchmal – so auch in dieser Stunde, dass ich Klassen vertausche und etwas voraussetze, was ich nicht gemacht habe. Ein gutes ehrliches Gesprächsklima und eine Klasse die sich traut, etwas zu sagen, helfen mir über diese Schwierigkeit hinweg.

3.2. Informativer Test:

3.2.1. Fragestellungen des informativen Tests zum Thema „Löslichkeiten“

1) Welche Ionen findest du, wenn du folgende Verbindungen in Wasser löst?

- NaHCO_3 (Speisesoda)
- NaH_2PO_4 (Natriumdihydrogenphosphat, wichtige Stoffwechselsubstanz)
- CaO (gebrannter Kalk)

2) Wenn du das Salz Kaliumnitrat (K^+NO_3^-) in Wasser löst, beobachtest du, dass sich das Wasser abkühlt. Erkläre an diesem Beispiel möglichst genau (mit Hilfe von Zeichnungen) die Begriffe Gitterenergie und Hydratationsenergie und begründe die Abkühlung.

3) Kreuze an: Welche der folgenden Verbindungen löst sich gut in H_2O (Wasser)

- Sauerstoff (O_2)
- $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$ (Bestandteil von Paraffin)
- Kaliumchlorid (K^+Cl^- , Steinsalzbestandteil)
- $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ (Palmitinsäure)
- Glyzerin: $\text{CH}_2\text{-CH-CH}_2$

OH OH OH

f) Ammoniakgas ($\text{NH}_3(\text{g})$)

4) Versuche deine Entscheidungen bei 3 a – e kurz zu begründen

5) Chlorwasserstoffgas ($\text{HCl}(\text{g})$) löst sich gut in Wasser. Versuche zu erklären warum dies so ist. (Hilfestellung: Berücksichtige die Bindung zwischen H und Cl. Elektronegativität (EN) H ist ca. 2,1, EN Cl ist ca. 3,0)

3.2.2. Auswertung des informativen Tests:

3.2.2.1. Übersichtstabelle: Gruppe A: 16 Schüler, Gruppe B: 13 Schüler

Frage	richtig		tw. richtig		falsch		keine A.	
	Gr A	Gr B	Gr A	Gr B	Gr A	Gr B	Gr A	Gr B
1a	5	6	7	5	4	2	0	0
1b	5	5	4	4	7	4	0	0
1c	3	3	2	3	9	4	2	3
2	10	9	4	4	0	0	2	0
3a	8	7	-	-	8	6	0	0
3b	13	11	-	-	3	2	0	0
3c	16	13	-	-	0	0	0	0
3d	10	11	-	-	6	2	0	0
3e	11	10	-	-	5	3	0	0
3f	15	13	-	-	1	0	0	0
4a	2	2	1	2	3	2	9	7
4b	3	2	2	2	2	1	9	8
4c	11	9	0	0	0	0	5	4
4d	1	1	1	2	4	3	10	7
4e	5	4	2	3	3	3	6	3
5	0	1	2	1	2	2	12	9

3.2.2.2. Verbale Auswertung:

zu 1) Welche Ionen man findet, wird von beiden Gruppen durchschnittlich gut gewusst. Auffallend ist, dass wenige Schüler das Beispiel 1c richtig hatten.

Zu 2) Ein überraschend gutes Ergebnis

Zu 3) Bis auf die Ergebnisse von 3a), 3d) und 3e) eigentlich ganz gut. Bei der Einschätzung der Löslichkeit von Sauerstoff spielt (nach Schüleräußerungen) das Wissen um gelösten Sauerstoff in

Flüssen als Sauerstoffquelle für Wasserlebewesen (z.B. Fischen) eine Rolle. Dass der Gehalt an gelöstem Sauerstoff im Wasser relativ gering ist, war vielen nicht bewusst.

Zu 4) Nur das Wissen über die Löslichkeit von Salzen in Wasser (Beispiel 3c) überzeugte. Alle anderen Resultate geben zu denken

Zu 5) Die Unterrichtseinheit oder auch die OL-Station zu diesem Thema hatte zwar kurzfristig Verständnis für diese Frage gebracht (Habe Testfrage aus einem Chemietest direkt übernommen – dort war bei Gr. A 8 x richtige Antwort, bei Gruppe B 7x richtige Antwort gegeben worden), langfristig wurde aber nichts (kaum) etwas behalten.

Insgesamt ist der Wissensstand bei der Gruppe mit „offenem Lernen“ nur gering besser als bei der Vergleichsgruppe mit herkömmlichem Unterricht. Vergleicht man die Schülerleistungen vorher so würde ich die Leistungsfähigkeit beider Schülergruppen als „in etwa vergleichbar“ einschätzen.

3.3. Fragebogen

3.3.1. Fragen

Denk an die 3 Unterrichtseinheiten zum Thema Löslichkeiten und versuche den kleinen Fragebogen möglichst ehrlich zu beantworten. Gib für ein eindeutiges JA eine 1 und für ein eindeutiges NEIN eine 5. Dazwischen kannst du beliebig (auch mit Kommazahlen) abstufen.

	Zahl
1a) Hast du bei diesen Unterrichtseinheiten etwas nicht verstanden.	–
1b) Unklarheiten eher bei	
„Löslichkeiten von Stoffen mit Ionenbindung“ (Hydratations- und Gitterenergie)	–
„Löslichkeitsprinzipien auf molekularer Ebene“ (Gase, „polare Moleküle“)	–
„Mischbarkeit von Flüssigkeiten“ („Gleiches löst Gleiches“)	–
Anderes (Bitte anführen).....	
1c) Was hast du unternommen, damit du zum Verstehen kommst:.....	
2) Diese 3 Chemiestunden waren lustig.	–
3) Diese 3 Chemiestunden waren interessant.	–
4) Hast du alles, was beim Informativen Test gefragt wurde, im Prinzip schon mal gelernt?	–
5) Etwas über Löslichkeiten zu wissen ist wichtig für dein Leben.	–
6) Die Zeit (3 Unterrichtseinheiten) war für dieses Stoffgebiet zu knapp.	–
7) Was ich noch sagen wollte:	

3.3.2. Auswertung

Durchschnitt aus allen gegebenen Noten. Ein eindeutiges JA würde eine 1 und ein eindeutiges NEIN eine 5 sein.

	Gr A	Gr B
1a) Hast du bei diesen Unterrichtseinheiten etwas nicht verstanden.	3,5	3,2
1b) Unklarheiten eher bei		
„Löslichkeiten von Stoffen mit Ionenbindung“ (Hydratations- und Gitterenergie)	4,2	3,7
„Löslichkeitsprinzipien auf molekularer Ebene“ (Gase, „polare Moleküle“)	1,7	2,0

„Mischbarkeit von Flüssigkeiten“ („Gleiches löst Gleiches“)	2,6	3,1
2) Diese 3 Chemiestunden waren lustig.	3,1	1,8
3) Diese 3 Chemiestunden waren interessant.	3,0	1,7
4) Hast du alles, was beim Informativen Test gefragt wurde, im Prinzip schon mal gelernt?1,9	1,7	
5) Etwas über Löslichkeiten zu wissen ist wichtig für dein Leben.	3,1	2,6
6) Die Zeit (3 Unterrichtseinheiten) war für dieses Stoffgebiet zu knapp.	3,9	2,2

Verbalantworten

1b) Nicht verstanden: Anderes

Gruppe A: Ammoniakgas oder CO₂ in Wasser Löslichkeit (2x), das Einbeziehen der Bindungsverhältnisse in Löslichkeitseigenschaften nicht verstanden (3x)

Gruppe B: „das wo nach dem Lösen Säuren oder Basen rauskommen“, das Einbeziehen der Bindungsverhältnisse in Löslichkeitseigenschaften nicht verstanden (3x)

1c) Was hast du unternommen damit du zum Verstehen kommst:

Gruppe A: Mitschüler gefragt (4x), Lehrer gefragt (3x), Eltern gefragt (1x)

Gruppe B: Mitschüler gefragt (11x) Lehrer gefragt (4x)

7) Was ich noch sagen wollte:

Gruppe A: Eh alles o.k. (o.ä.) 7x

Gruppe B: Positive Äußerungen über „Offenes Lernen“ (6x), Eh alles o.k. (o.ä.) 4x

3.3.3. Interpretation der Fragebogenergebnisse

Die interessantesten Ergebnisse sind wohl die, dass das hier ausprobierte OL lustvoller und interessanter erlebt wurde (die positiven Äußerungen zu den OL-Stunden bei Frage 7 decken sich damit), dass beim OL mehr Hilfestellungen von Mitschülern gegeben wurden (soziales Lernen) und dass der Wunsch nach mehr Zeit für die Beschäftigung mit dieser Materie ausgeprägter als bei der Vergleichsgruppe war. Subjektiv beim Verständnis sind kaum bessere Ergebnisse bei der Gruppe mit OL beobachtbar. Dies deckt sich auch mit den Resultaten beim Test, wo die Gruppe mit OL nur unwesentlich besser abschnitt.

Vom Verständnis her ist besonders das geäußerte Unverständnis bei 1b) „Löslichkeitsprinzipien auf molekularer Ebene“ (Gase, „polare Moleküle“) bei beiden Gruppen bemerkenswert. Dies tritt auch im Verbalteil dieser Frage (1b Anderes) zu Tage.

Die Wichtigkeit etwas über Löslichkeiten zu wissen schätzen beide Gruppen durchschnittlich ein.

3.4. Zeitaufwand

Vorbereitungsaufwand für 3 Unterrichtsstunden des „herkömmlichen Unterrichts“ im Vergleich mit „Offenen Lernstunden“.

Vorbereitung von	Herk. Unterr.	Offenes L.
Unterrichtsplanung	1,5 ^h	1 ^h
Experimentelle Vor/Nachbereitung	2 ^h	2 ^h
Erstellung von Offenen Lernmaterialien	–	12 ^h
Kontrolle, Korrektur	1 ^h	3 ^h
Summe	4,5 ^h	18 ^h

4. Erkenntnisse

Die Leistung von Schülern, welche die vorliegend strukturierten offenen Lernstunden zum Aneignen des Lehrstoffes absolviert haben schneiden im Vergleich mit von mir gehaltenen „herkömmlichen“ Unterrichtseinheiten zu meiner Überraschung nach einiger Zeit wenig besser ab. Ein Vergleich dieser Leistungen bleibt jedoch problematisch, da einerseits sehr viele (auch individuelle) Faktoren die momentane Leistung beeinflussen, andererseits die OL-Gruppe B einen etwas kürzeren Zeitraum zwischen der Lern und Leistungssituation hatte. Eine Studie, die Einstellungen zum Gegenstand und Leistungen nach einer sehr langen Zeit (2-3 Jahre) im Vergleich OL/Herkömmlicher Unterricht mit einer größeren Stichprobe an Schülern erfasst, würde verlässlichere Aussagen über den Langzeiterfolg der verschiedenen Unterrichtsstile erlauben. Interessant bleibt, dass manche Fragen selbst von interessierten Schülern fast nicht mehr beantwortet werden konnten.

Jedenfalls bemerkenswert ist, dass die OL-Gruppe den Unterricht lustvoller und interessanter im Vergleich zur Vergleichsgruppe empfunden haben. Die Vermutung, dass dadurch Lust auf mehr Chemie geweckt wurde, kann ich durch die Anmeldezahlen für 2002/2003 der Chemieolympiade stützen. (5 OL-Gruppe, 2 herkömmliche Gruppe) Das Arbeiten mit offenen Lernmaterialien benötigt im Vergleich zu herkömmlichem Unterricht nach der vorliegenden Erfahrung bei meinem Unterrichtsstil etwas mehr Zeit.

Die Interaktionen zwischen verschiedenen Schülern sind bei OL-Unterricht wesentlich öfter.

Der Mehraufwand für den Lehrer diesen selbsttätigen, schülerzentrierten Unterricht vorzubereiten, ist wesentlich. Offene Lernstunden zum ersten Mal vorzubereiten benötigt sehr, sehr viel Zeit. Auch der Zeitbedarf für die Durchführung und Nachbereitung dieser Unterrichtseinheiten war größer als der bei „herkömmlichen Stunden“.

Für mich lohnt sich dieser Mehraufwand, weil mir zufriedener, interessiertere Schüler wichtig sind.

Anhang

Offene Lernmaterialien :

Offenes Lernen: Löslichkeiten Übersichtsplan		
1a MEMORY Strukturformeln Summenformeln Namen zuordnen	1b KLAMMERTAFEL Was löst sich gut in Wasser?	2 KÄRTCHEN Welche Ionen findest du, wenn du folgende Verbindungen in Wasser löst
3a VERSUCH: Mischbarkeit mit Fragen	4a VERSUCH: Hydratationsenergie, Gitterenergie	5a VERSUCH: Löslichkeit von Gasen
3b NAGELBRETT Löslichkeiten	4b ROTE FOLIE Hydrathülle und Gitterenergie	5b KÖPFCHENSTATION Löslichkeit von Gasen

Bitte beachte, dass die Stationen 1a/1b, 3a/3b, 4a/4b und 5a/5b zusammengehören und die Station mit a immer vor der Station b gemacht werden sollte. Die Stationen 3a/3b sollten nach der Station 1a gemacht werden.

Memory:

Lege die Kärtchen vor dir auf den Tisch.

Suche die drei jeweils zusammenpassenden Kärtchen heraus. (Name, Summenformel, Strukturformel)

Bei allen Formeln, wo ein "z.B." vor der Struktur steht, ist die gezeigte Struktur eine von mehreren möglichen. Würde man diese Stoffe genauer beschreiben, müsste man mehrere Verbindungen ähnlicher Strukturen anführen.

Kontrolliere anhand der Markierung auf der Rückseite, ob du richtig gearbeitet hast.

*Arbeitsauftrag: Lass dich von deiner MitspielerIn die 12 Verbindungen abprüfen. Wenn du alles kannst prüfst **du** deine MitschülerIn. Bist du damit fertig, bekommst du von deinem Lehrer diese Tabelle als Kopie.*

Memory:

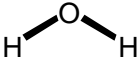
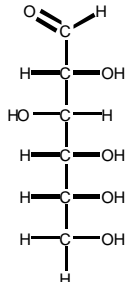
Lege die Kärtchen vor dir auf den Tisch.

Suche die drei jeweils zusammenpassenden Kärtchen heraus. (Name, Summenformel, Strukturformel)

Bei allen Formeln wo ein z.B. vor der Struktur steht, ist die gezeigte Struktur eine von mehreren möglichen. Würde man diese Stoffe genauer beschreiben, müsste man mehrere Verbindungen ähnlicher Strukturen anführen.

Kontrolliere anhand der Markierung auf der Rückseite, ob du richtig gearbeitet hast.

*Arbeitsauftrag: Lass dich von deiner MitspielerIn die 12 Verbindungen abprüfen. Wenn du alles kannst prüfst **du** deine MitschülerIn. Bist du damit fertig, bekommst du von deinem Lehrer diese Tabelle als Kopie.*

Speiseöl	z.B. $C_{46}H_{90}O_6$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_2-O-C-(CH_2)_{14}CH_3 \\ \\ O \\ \\ CH-O-C-(CH_2)_{12}CH_3 \\ \\ O \\ \\ CH_2-O-C-(CH_2)_{12}CH_3 \\ \\ O \end{array}$
Butter, Ceres	z.B. $C_{54}H_{106}O_6$	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_2-O-C-(CH_2)_{14}CH_3 \\ \\ O \\ \\ CH-O-C-(CH_2)_{16}CH_3 \\ \\ O \\ \\ CH_2-O-C-(CH_2)_{16}CH_3 \\ \\ O \end{array}$
Benzin, Diesel (hier Nonan als ein Bestandteil)	z.B. C_9H_{20}	$CH_3-(CH_2)_7CH_3$
Wasser	H_2O	
Traubenzucker (Glucose)	$C_6H_{12}O_6$	
Kochsalz	$NaCl$	Na^+Cl^-

Zitronensäure	$C_6H_8O_7$	$CH_2-COO^-H^+$ $HO-C-COO^-H^+$ $CH_2-COO^-H^+$
Essigsäure	CH_3COOH	$CH_3-COO^-H^+$
Chlorwasserstoffgas	HCl	H^+Cl^-
Kerzenwachs (Stearinsäure)	z.B. $C_{17}H_{35}COOH$	$CH_3-(CH_2)_{16}-COO^-H^+$
Seife (Natriumsalz der Stearinsäure)	z.B. $C_{17}H_{35}COONa$	$CH_3-(CH_2)_{16}-COO^-Na^+$
Natriumhydroxid (Ätznatron)	$NaOH$	Na^+OH^-

KLAMMERNTAFEL: Welche der folgenden Stoffe sind gut in Wasser oder gut in Benzin löslich?

Hinweise dazu:

In Wasser löslich sind:

a) (fast) alle Stoffe mit Ionenbindung (Ionenbindung: Bindung zwischen *Metall* und Nichtmetall, z.B. *Magnesiumchlorid*)

b) (fast) alle Stoffe mit sehr polarer Bindung (große EN Unterschiede)

c) Grundsatz: „Gleiches löst Gleiches“ –vom Aufbau des Stoffes her WASSERÄHNLICHES wird sich in Wasser lösen, BENZINÄHNLICHES wird sich in Benzin lösen.

Markiere die gut in Wasser löslichen Stoffe mit BLAUEN Klammern, jene die gut in Benzin löslich sind mit ROTEN Klammern. (Du darfst die Tabelle der Station „Memory“ verwenden!)

Zucker C

Speiseöl C

Kochsalz C

Zitronensäure C

Ethanol C

Essigsäure (Ethansäure) C

Chlorwasserstoffgas C

Ammoniak C

Kerzenwachs C

Natriumhydroxid C

Eisen C

Seife C

Magnesiumsulfat C

Butter C

Diesel C

Notiere dir die Hinweise mit jeweils einem Beispiel so dass du dich auskennst in dein Heft.

Kärtchen:

Da sich Salze oft besonders gut in Wasser lösen, findest du eine Vielzahl von Ionen, wenn diese ins Wasser kommen:

a) Bei Salzen werden **Metallionen immer vollständig abgespalten**

Bsp.: LiHSO_4 zerfällt in Li^+ und HSO_4^- welches wieder teilweise zerfällt in H^+ und SO_4^{2-} . (Li^+ ist ein Metallion, da es im PSE links steht. „Je eher links und unten im PSE desto eher ein Metall“) Man findet also folgende Ionen: Li^+ , HSO_4^- , H^+ (genauer wäre H_3O^+) und SO_4^{2-} (FÜR FORTGESCHRITTENE: Wie viele Ionen du findest könnte aus pKs oder Lp Wertetabellen errechnet oder abgeschätzt werden. Wenn du alles fertig hast und du weiter Üben willst, dann kannst du dir eine weitere Übungsaufgabe zu diesem Thema holen)

b) Bei **Ladungen** von Teilchen ist zu berücksichtigen

1) von welcher Säure das Teilchen stammt und wie viel H-Atome vorher gebunden waren

2) in welcher Gruppe das Metall im PSE steht.

Bsp.: MgCO_3 zerfällt in Mg^{2+} und CO_3^{2-} da CO_3^{2-} von H_2CO_3 kommt und daher 2 Wasserstoffionen ersetzt wurden. Das Mg kann, da es in der 2. Gruppe im PSE steht 2 Wasserstoffe ersetzen. Es bildet ein Mg^{2+} Ion.

c) Bei manchen Überlegungen musst du auch dein Wissen über die **Herstellung einer Säure oder einer Base** einbeziehen:

Metalloxide in Wasser ergeben Basen, Nichtmetalloxide in Wasser geben Säuren. Manchmal ist dabei dein Wissen über die Oxidationszahlen ebenfalls von Nutzen.

Bsp.: P_2O_3 im Wasser bildet eine Säure (Nichtmetalloxid und Wasser gibt Säure) – aber welche? Wenn du die Oxidationszahlen (OZ) von P_2O_3 von Phosphorsäure und Phosphoriger Säure bestimmst (diese beiden Säuren kommen ja in Frage), dann kommst du zum Schluss, dass P in P_2O_3 und in H_3PO_3 die gleiche OZ haben (nämlich +3). Also wird sich H_3PO_3 bilden, welches in H^+ , H_2PO_3^- , HPO_3^{2-} , und PO_3^{3-} zerfällt.

Arbeitsauftrag: Prüfe dein Wissen. Auf der Rückseite der Kärtchen findest du die Lösung. Schreibe in dein Heft Aufgabe und Lösung der Angaben (in Spaltenschreibweise) die du nicht gewusst hast. Du kannst dann später nicht Gewusstes wiederholen. Auf der Rückseite ist eine Säuren/Basen/Salze Tabelle die du verwenden darfst, falls du nicht mehr weiter weißt.

Säure/Base/Salzezettel

Formel	Name	Formel	Name
H ₂ SO ₄	Schwefelsäure	SO ₄ ²⁻	Sulfation
H ₂ SO ₃	Schwefelige Säure	SO ₃ ²⁻	Sulfition
H ₂ S	Schwefelwasserstoff	S ²⁻	Sulfidion
H ₃ PO ₄	Phosphorsäure	PO ₄ ³⁻	Phosphation
H ₃ PO ₃	Phosphorige Säure	PO ₃ ³⁻	Phosphition
HNO ₃	Salpetersäure	NO ₃ ⁻	Nitration
HNO ₂	Salpetrige Säure	NO ₂ ⁻	Nitrition
HCl	Salzsäure	Cl ⁻	Chloridion
H ₂ CO ₃	Kohlensäure	CO ₃ ²⁻	Carbonation
CH ₃ COOH	Essigsäure	CH ₃ COO ⁻	Acetation
HCOOH	Ameisensäure	HCOO ⁻	Formiation
HClO ₄	Perchlorsäure	ClO ₄ ⁻	Perchloration
HClO ₃	Chlorsäure	ClO ₃ ⁻	Chloration
NH ₃	Ammoniak	NH ₄ ⁺	Ammoniumion
		OH ⁻	Hydroxidion

Versuch: Mischbarkeit

Alle Versuche immer mit Schutzbrille machen!!!!

Experimentiere mit folgenden Substanzen und beobachte, welche Substanz mit welcher anderen mischbar ist und in welchen Flüssigkeiten sich die Feststoffe lösen:

Verwende dazu Eprouvetten und benütze nur kleine Mengen der Stoffe. **Entsorge die Proben, die Kohlenwasserstoffe enthalten, in der vorgesehenen Flasche!**

Paraffin flüssig (Mischung aus mittellangen Kohlenwasserstoffen)	lipophil
Paraffin fest (Mischung aus langkettigen Kohlenwasserstoffen)	lipophil
Pflanzenöl (Ester aus Fettsäuren mit Glycerin)	lipophil
Ceres Kokosfett (Ester aus langkettigen Fettsäuren mit Glycerin)	lipophil
Benzin (kurzkettige Kohlenwasserstoffe)	lipophil
Wasser	hydrophil
Kochsalz	hydrophil
Zucker (Traubenzucker, Glucose)	hydrophil
Ethanol (Alkohol in alkoholischen Getränken) oder Isopropanol (z.B. Rasierwasser)	hydrophil + lipophil
Kaliumpalmitat (Schmierseife)	hydrophil + lipophil

Schreibe ein möglichst genaues Protokoll über deine Beobachtungen.

Beantworte folgende Fragen mit Hilfe deines Buches in dein Heft:

- Was heißt lipophil, hydrophil
- Versuche eine Regel aufzustellen welche Verbindung sich mit welcher Verbindung mischt oder lösen lässt.
- Gehe weiter zur Station „Nagelbrett Löslichkeiten“, um dir Erklärungen zu holen

ROTE FOLIE: Hydrathülle, Gitterenergie

Werden Feststoffe in Wasser gelöst, so gibt es zwei Vorgänge, die für die Energietönung des Lösevorgangs verantwortlich sind.

- 1) Es muss zuerst der Kristall zerstört werden – dieser Vorgang benötigt Energie.
- 2) Die entstehenden Teilchen (oft Ionen) umgeben sich mit einer Hülle aus Wassermolekülen (Hydrathülle) – bei diesem Vorgang wird Energie frei.

Wird mehr Energie zum Zerstören des Kristallgitters benötigt als beim umgeben mit Wasser wieder frei wird, so ist der Gesamtvorgang endotherm,

Arbeitsauftrag: Schreibe diesen Satz in dein Heft und ergänze ihn

Zeichne mindestens 2 der folgenden Beispiele dazu ins Heft:

Kristall	Lösevorgang	In Wasser gelöst

Versuch: Gitterenergie, Hydratationsenergie

Alle Versuche immer mit Schutzbrille machen!!!!

A) Löse einen kleinen Löffel eines der folgenden Stoffe in einem Reagenzglas in Deionat und spüre die Wärmeenergieabgabe.

Stoffe zur Wahl:

Zitronensäure

Soda

Ammoniumchlorid oder –nitrat

B) Löse ein Plättchen Natriumhydroxid ($\text{NaOH}_{(s)}$, VORSICHT ÄTZEND) in einem Reagenzglas in Deionat und spüre die Wärmeenergieabgabe.

Schreibe dazu ein möglichst genaues Protokoll in dein Heft!

C) Überlege dir eine Erklärung dieser beobachteten Phänomene – *Bitte sei ehrlich und überlege möglichst ohne Hilfe selbst* und schreibe deine Überlegungen ebenfalls nach dem Versuchsprotokoll in dein Heft.

D) Gehe weiter zur Roten Folie „Hydrathülle und Gitterenergie“ um dir Erklärungen zu diesen Versuchsbeobachtungen zu holen.

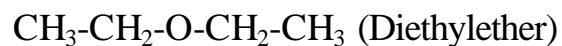
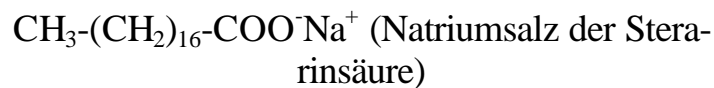
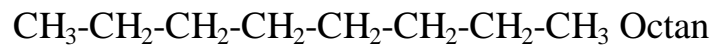
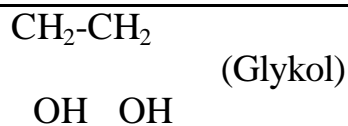
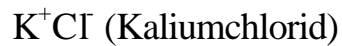
Versuch: Löslichkeiten von Gasen

Alle Versuche immer mit Schutzbrille machen!!!! Versuch findet im Abzug statt. Vergewissere dich, dass der Abzug läuft und versuche möglichst weit weg vom Ammoniak zu bleiben. Ammoniak ist ein stechend riechendes Gas, welches in höheren Konzentrationen deine Schleimhäute schädigen kann!!!!

- A)** Erhitze im vorbereiteten Reagenzglas mit Gummistoppel und Seitenausgang mit Gummischlauch (ca. 1/3 gefüllt) den konzentrierten Ammoniak und leite die entstehenden Gase in eine verkehrte Spritze ohne Stempel, deren Spitze nach oben zeigt. Gib dann schnell den Stempel als Verschluss der Öffnung darauf. Nun hältst du den Stempel gegen die Spritze während du die Spritze in ein Becherglas mit Wasser tauchst.
- B)** Wiederhole obigen Vorgang. Verwende aber Wasser in welches du 5 Tropfen Phenolphthalein tropfst.
- C)** Wiederhole nun den Vorgang bei A). Verwende als Gas Stickstoff aus der Druckflasche. Du musst dazu nur das gekennzeichnete Ventil aufdrehen – alles andere ist eingestellt. Falls du dir unsicher bist, hole den Lehrer.
- D)** Protokolliere alle Beobachtungen in dein Heft
- E)** Überlege dir Begründungen zu deinen Beobachtungen und schreibe sie im Anschluss an dein Beobachtungsprotokoll.
- F)** Gehe weiter zur „Köpfchenstation“ um dir Erklärungen und weitere Übungsbeispiele zu holen.

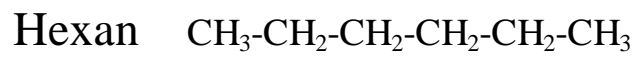
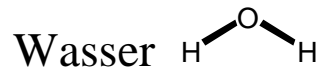
Löslichkeiten 1/1

Welcher Stoff löst sich in Wasser oder Hexan (Benzinbestandteil) oder in beidem – ordne zu



Löslichkeiten 1/3

Welcher Stoff löst sich in Wasser oder Hexan (Benzinbestandteil) oder in beidem – ordne zu



Löslichkeiten 1/2

Lösungen

während der Übung bitte umdrehen!

o

o

o

o

o

o

o

o

o

Erklärungen zur Station: „Versuch Mischbarkeit“ und Hinweise zum Lösen der Station Nagelbrett:

Lipophil heißt „fettliebend (lipos = Fett, philie = Liebe), hydrophil heißt wasserliebend (hydros = Wasser)

Man könnte die Regel aufstellen „Ähnliches löst Ähnliches“, wenn man die Strukturen der Moleküle kennt.

Nimm dir die Kopien der Station 1a und ringle mit roter Farbe ein, welche Struktur auch in Wasser vorkommt. Nun nimmst du einen blauen Farbstift und ringelst ein, welche Teilstrukturen ähnlich wie Hexan sind.

Nun kannst du die Strukturen vergleichen und feststellen, ob der Satz „Ähnliches löst Ähnliches“ stimmt.

Wie du von der Station Klammerntafel bereits weißt, lösen sich (fast) alle Verbindungen mit Ionenbindung oder mit polaren Bindungen gut in Wasser.

Für die Lösung der Station Nagelbrett kannst du diese Regel ebenfalls anwenden.