

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Inquiry Lernen im Naturwissenschaftlichen Labor der
neunten und zehnten Schulstufe“

*Wie wirkt sich eine Einführung in das Forschende Lernen auf die fachliche
Konzeptentwicklung von Schülerinnen und Schülern aus?*

verfasst von / submitted by

Anna A. Wagner

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 423 406 E

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Diplomstudium Lehramtsstudium UF Chemie
UF Mathematik (TU Wien)

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Anja Lembens

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Dipl. Ing. Mag. Dr. Brigitte Koliander (PH NÖ)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher, noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, im Mai 2019

Unterschrift der Verfasserin

Danksagung und Widmung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, welche mich während meines Studiums und beim Verfassen dieser Arbeit unterstützt haben.

Auf universitärer Ebene danke ich Frau Prof. Dr. Anja Lembens und Frau Dipl. Ing. Mag. Dr. Brigitte Koliander, welche sich bereit erklärt haben, mich bei meiner Diplomarbeit zu unterstützen und diese zu betreuen.

Frau Prof. Lembens danke ich vor allem auch für die Miteinbeziehung in das DiplomantInnen- und DissertantInnen-Seminar. Danke an dieser Stelle auch an alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen für ihre Hilfe, wenn ich einmal nicht weiterwusste.

Ein großes Dankeschön ergeht an Frau Koliander für die vielen Stunden, welche sie sich Zeit genommen hat um mich beim Fertigwerden meiner Diplomarbeit zu unterstützen. Danke, liebe Brigitte, dass Du mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden bist!

Im privaten Bereich danke ich meinen Eltern und Großeltern. Auch wenn ich manchmal während meines Studiums nicht weiterwusste habt ihr mich immer aufgebaut und neu motiviert. Vielen Dank Euch allen!

Vor allem meiner Großmutter Ingrid möchte ich danken, ihr Spruch „Es ist egal wie du es schaffst, Hauptsache du schaffst es!“ hat mir vor allem gegen Ende meines Studiums sehr geholfen. Liebe Omi, diese Arbeit ist Dir gewidmet! Es ist schade, dass du die Fertigstellung nicht mehr miterleben konntest.

Vorwort

Bereits während meines Studiums habe ich über vier Jahre lang als Chemie- und Naturwissenschaftslehrerin an einer BHS gearbeitet. Dabei ist mir aufgefallen, wie sehr es mich und die Schülerinnen und Schüler motiviert, wenn Versuche aktiv in den Unterricht eingebettet werden. Auch der fachliche Lernerfolg bei Versuchen konnte mich stets überzeugen. Dementsprechend fiel mir die Wahl meines Diplomarbeitsthemas nicht schwer und ich entschied mich für den fachdidaktischen Bereich. Von Beginn an war mir auch klar, dass ich mich in meiner Forschungsarbeit mit Versuchen befassen möchte.

Nach dem Besuch des Vertiefungsseminars zur chemischen Fachdidaktik an der Universität Wien blieb mir vor allem der Ansatz des Forschenden Lernens in positiver Erinnerung, wodurch bereits kurz nach dessen Besuch für mich feststand, dass ich meine Arbeit auf diesem Gebiet schreiben möchte.

Das Forschende Lernen – auch als *Inquiry Based Learning*, kurz IBL bezeichnet – erschien mir damals vor allem aufgrund der eigenen Unterrichtserfahrung als eine sinnvolle Ergänzung zum alltäglichen Frontalunterricht. Bereits bevor ich mich zum ersten Mal mit Inquiry auseinandersetzte, hatte ich meinen eigenen Unterricht sehr schülerinnen- und schülerorientiert gestaltet und mehrere Einheiten, in denen die Lernenden selbst Versuche durchführen durften, erarbeitet. Jedoch kannte ich zu diesem Zeitpunkt hauptsächlich Versuche für Schülerinnen und Schüler, welche eher einem Kochrezept glichen. Dies bedeutet, dass meist alle Schritte den Lernenden vorgegeben wurden. An eine Öffnung der Versuche im Sinne des Forschenden Lernens dachte ich damals noch nicht. Die Idee hinter der Durchführung von Inquiry hat mich jedoch von Anfang an überzeugt und wurde nicht zuletzt auch dadurch zum Hauptaugenmerk dieser Diplomarbeit. Dabei interessierte mich vor allem auch, ob Schülerinnen und Schüler bei IBL auch ihre fachlichen Konzepte vertiefen. Infolgedessen beschäftigte ich mich mit der Suche nach einer Antwort auf diese Frage, zu welcher diese Arbeit Erkenntnisse liefern soll.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
I. Theoretischer Teil	4
1. Forschendes Lernen.....	4
1.1. Begriffsklärung	4
1.2. Level des Forschenden Lernens	5
1.3. Rolle der Lehrperson.....	7
1.4. Vorteile des Forschenden Lernens	10
1.5. Kritik am Forschenden Lernen	11
2. „Säuren und Basen“ im Chemieunterricht	14
2.1. Ebenen der Chemie	14
2.2. Submikro- und Makroebene beim Thema „Säuren und Basen“	15
3. Die Concept-Mapping-Methode	20
3.1. Concept-Maps und ihre Funktion	20
3.2. Wozu Concept-Maps?	22
3.3. Concept-Maps als Methode für die Förderung bedeutsamen Lernens und als Erhebungsmethode.....	23
3.4. Planung des Mappings	24
3.5. Herausforderungen von Concept-Maps	26
3.6. Einsatzgebiete	26
3.7. Erwartungen an eine Concept-Map.....	27
4. Auswertung von Concept-Maps	28
4.1. Quantitative Parameter.....	29
4.2. Qualitative Parameter.....	37
II. Empirischer Teil	40
5. Forschungsdesign	40
5.1. Forschungsfrage	41
5.2. Forschungsfeld	41

5.3.	Vorbereitung auf die Unterrichtseinheit	42
5.4.	Aufbau der Unterrichtseinheit.....	44
5.5.	Analyse der Concept-Maps	50
5.6.	Durchführung der Interviews	54
6.	Ergebnisse	56
6.1.	Auswertung der Concept-Maps	56
6.2.	Analyse der durchgeführten Interviews	71
7.	Fazit.....	83
	Zusammenfassung	86
	Abstract.....	88
	Literaturverzeichnis	89
	Anhang.....	93
A.1	Versuchsanleitungen	93
A.2	Aufgabenzettel Concept-Map	100
A.3	Auswertung und digitalisierte Concept-Maps.....	101
A.4	Angemessene und unangemessene Begriffszuordnungen aller verwertbaren Concept-Maps.....	158
A.5	Interviewleitfaden	167
A.6	Interviews.....	168

Einleitung

Mit den Möglichkeiten der Umsetzung des Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht und der Frage nach den Auswirkungen auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler beschäftigten sich in den vergangenen Jahren bereits unzählige Didaktikerinnen und Didaktiker. Unter Forschendem Lernen werden Tätigkeiten von Schülerinnen und Schülern im Unterricht verstanden, welche Teile der Praxis von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern widerspiegeln (Abrams, Southerland, & Evans, 2008, S. xxxiv). Der Begriff Inquiry im Kontext Schule wird in dieser Arbeit synonym zu Forschendem Lernen (beziehungsweise Inquiry Based Learning, kurz IBL) verwendet.

Von Abrams et al. (2008) werden drei Ziele des Forschenden Lernens beschrieben. Nach diesen Autorinnen lassen sich die Ziele unterteilen in *learning about inquiry*, *learning to inquire* und *learning science content*. Mit dem ersten Ziel ist gemeint, dass Schülerinnen und Schüler verstehen, wie wissenschaftliche Forschungen von Expertinnen und Experten durchgeführt werden. Unter *learning to inquire* versteht man, dass Schülerinnen und Schüler lernen, selbst Schritte naturwissenschaftlicher Untersuchungen durchzuführen. Das zuletzt genannte Ziel bezüglich *learning science content* setzt auf das Erlernen von Fachinhalten durch Inquiry (Abrams et al., 2008).

Bezüglich des dritten Ziels gibt es Erkenntnisse aus Forschungen an österreichischen Schulen aus den letzten Jahren betreffend den Chemieunterricht. Koliander (2017) untersuchte in ihrer Dissertation die Ziele, die österreichische Lehrpersonen bei der Umsetzung von Laborpraxis verfolgen. Sie konnte feststellen, dass der Erwerb fachlicher Kompetenzen für die meisten Chemielehrerinnen und Chemielehrer bei der Arbeit im Labor nicht im Fokus steht. Laborpraxis ist allerdings nicht gleichzusetzen mit Forschendem Lernen. Da in der vorliegenden Arbeit Forschendes Lernen im Rahmen von Laborpraxis untersucht wird, ist diese Erkenntnis jedoch von Bedeutung. Klika (2016) beschäftigte sich in seiner Diplomarbeit mit den Zielen von Forschendem Lernen und konnte zeigen, dass Lehrpersonen und Lernende unterschiedliche Ziele verfolgen. Im Gegensatz zu Koliander fand er Belege dafür, dass das Vermitteln von naturwissenschaftlichen Inhalten ein wesentliches Ziel der Lehrpersonen bei der Umsetzung von Forschendem Lernen ist. Schülerinnen und Schüler setzten ihren Fokus hingegen vor allem auf das Beantworten der Fragen von Lehrenden, sowie auf das aktive Tun und Handeln während des Durchführens von Versuchen (Klika, 2016). Unter dem Begriff „Versuche“ sind in dieser Arbeit Interaktionen der Schülerinnen und Schüler mit der

materiellen Welt, meist im Rahmen von Laborpraxis, zu verstehen (Höttecke, 2012; Koliander, 2017).

Irndorfer (2016) beschäftigte sich im Rahmen einer Diplomarbeit mit dem Einsatz von Inquiry Based Learning in einer Lernwerkstatt. Basierend auf dem Grundgedanken einer Lernwerkstatt und dass selbstkonstruiertes Wissen langfristig im Gedächtnis bleibt, wurde diese Erkenntnis auch für das Forschende Lernen bestätigt. Es wurden in dieser Arbeit allerdings Belege dafür gefunden, dass die Wahl einer für die Lerngruppe passenden Offenheit der Aufgabenstellungen für Lehrpersonen schwierig ist (Irndorfer, 2016).

Bei der Einführung und Umsetzung von Forschendem Lernen können nach den vorliegenden Befunden unterschiedliche Ziele im Fokus der Lehrperson stehen. Die in dieser Arbeit untersuchte Einführung in das Forschende Lernen zielte von Seiten der Lehrperson auf eine Kompetenzentwicklung hinsichtlich der Schritte von Inquiry ab. Schülerinnen und Schüler sollten lernen, erhobene Daten zu interpretieren und zu einer vorgegebenen Fragestellung eine Untersuchung zu planen. Das inhaltliche Lernen zum Thema „Säuren und Basen“ stand nicht im Fokus der Lehrperson. Da jedoch bei der Planung und Interpretation von Versuchen inhaltlich-fachliches Wissen eine wichtige Voraussetzung ist, geht die vorliegende Arbeit der Frage nach, inwiefern die Lernenden durch die Auseinandersetzung mit dem Thema „Säuren und Basen“ im Rahmen ihrer Planungs- und Interpretationstätigkeit ihr fachliches Wissen vertiefen konnten.

Wissen wird nach Hough, O’Rode, Terman & Weissglass (2007) als „Wissensnetzwerk“ definiert, das durch Vernetzung von Konzepten¹ (Ideen hinter den Begriffen) aufgebaut wird. Um den Aufbau dieses Wissensnetzwerks rekonstruieren zu können, wurden die Schülerinnen und Schüler vor und nach dem Durchführen der Versuche gebeten, eine *Concept-Map* zum Thema „Säuren und Basen“ zu zeichnen.

Bei Concept-Maps handelt es sich um eine grafische Darstellung, bei der zentrale Begriffe eines Themas durch *Links* (Verknüpfungslinien) miteinander verknüpft werden. Anders als bei *Mind-Maps* werden die Verknüpfungslinien zusätzlich mit Verknüpfungswörtern oder -phrasen beschriftet. Dadurch ergibt sich eine hierarchische Anordnung von Begriffen und Konzepten rund um ein übergeordnetes Thema, wodurch es den Lernenden ermöglicht wird, ihr Wissen besser zu strukturieren (Novak, 2005; Novak & Cañas, 2006).

¹ Der deutsche Begriff „Konzept“ wird im Zuge dieser Arbeit mit dem englischen Wort „Concept“ synonym gesetzt und stellenweise auch mit dem deutschen Terminus „Schlüsselbegriff“ übersetzt.

Durch das Concept-Mapping vor und nach der Durchführung der Versuche ergab sich für jeden Schüler und jede Schülerin eine Prä- und eine Post-Map, welche anschließend miteinander verglichen wurden und mithilfe einer Analyse der Verbindungswörter, Verknüpfungslinien und tieferen, zusammengesetzten Strukturen (z. B. dem Hierarchical Structure Score, kurz HSS) ausgewertet wurden (Novak & Cañas, 2006). In der vorliegenden Arbeit wurde der Einsatz des Concept-Mappings als Methode erstmals in der lokalen Forscherinnen- und Forschergruppe getestet. Es wurden, ausgehend von der Literatur zum Einsatz und zur Auswertung von Concept-Maps, erste Wege gesucht, in welcher Weise diese Methode eingesetzt werden kann, um eine Vertiefung fachlichen Wissens jedes einzelnen Lernenden nachzuvollziehen.

Somit geht es in der vorliegenden Arbeit einerseits um die Fragestellung, inwieweit die Einführung in das Forschende Lernen mit dem Fokus auf *learning to inquire* auch zur Erweiterung des Wissensnetzwerks hinsichtlich des fachlichen Themas Säuren und Basen geführt hat. Andererseits geht es auch um den Einsatz des Concept-Mappings als Methode. Im theoretischen Teil werden Grundlagen des Forschenden Lernen dargelegt, es wird eine fachliche Klärung wichtiger Grundbegriffe zum Thema „Säuren und Basen“ gegeben und die Concept-Mapping Methode wird ausführlich beschrieben. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der durchgeführten Einheit mit den Schülerinnen und Schülern werden im empirischen Teil dieser Arbeit dargestellt.

I. Theoretischer Teil

Das erste Kapitel des theoretischen Teils befasst sich mit der dieser Arbeit grundlegenden Sicht auf Forschendes Lernen. Im zweiten Kapitel werden wichtige Konzepte aus dem Bereich „Säuren und Basen“ und die Herausforderungen bei der Vermittlung dieser Konzepte beschrieben. Das dritte und vierte Kapitel erläutern die Methode des Concept-Mappings und Möglichkeiten für dessen Einsatz zur Beforschung der Erweiterung von Wissensnetzwerken.

1. Forschendes Lernen

Da der Begriff „Forschendes Lernen“ in dieser Arbeit aufbauend auf den Ideen von Dewey (1938) und Schwab (1960) verwendet wird, wird im Folgenden die Entwicklung dieses Begriffs kurz skizziert.

1.1. Begriffsklärung

Der Begriff *Inquiry* kann in unterschiedlicher Weise verstanden werden. *Inquiry* wird in dieser Arbeit in Rückbezug auf Dewey (1938) als Prozess verstanden, dessen Durchführung zur Klärung von vorerst unverständenen Situationen beiträgt (Dewey, 1938, zusammengefasst von der Autorin):

- Es gibt eine unklare Ausgangssituation.
- Diese Unklarheit wird als Problem wahrgenommen, welches gelöst werden soll.
- Daten werden gesammelt, welche zu einer Klärung des Problems beitragen könnten.
- Auf Grund dieser Daten und durch Einsatz logischer Schlussfolgerungen gibt es unterschiedliche Lösungsvorschläge. Dabei müssen die Daten interpretiert werden.

Laborpraxis bietet sich im Chemieunterricht in besonderer Weise dazu an, solche Schritte zu gehen. Dewey macht allerdings darauf aufmerksam, dass Laborpraxis per se noch nicht zu Erkenntnisgewinnung führen muss. Es gibt im klassischen Laborunterricht Aufgabenstellungen, die nicht als *Inquiry* im Sinne Deweys verstanden werden können. Dies sind Übungen oder Aufgabenstellungen mit genauen Anleitungen, die lediglich zu einer sinnfreien und unverständenen Durchführung von Aufträgen führen (Koliander, 2017).

Beginnend mit Dewey und später aufgegriffen von Schwab (1960) spricht man im Kontext von Unterricht von Inquiry, wenn bei Schülerinnen und Schülern eine fragende Haltung zu einem Thema erzeugt werden soll. Diese soll zu selbst durchgeführten Problemlösungen führen. In dieser Arbeit wird in diesem Zusammenhang von Inquiry Based Learning (kurz IBL) oder Forschendem Lernen gesprochen.

Folgende Ziele sollen mit Inquiry Based Learning erreicht werden (Abrams et al., 2008):

1. *learning about inquiry*
2. *learning to inquire*
3. *learning science content*

Somit zielt das Forschende Lernen nicht ausschließlich auf die Konstruktion fachlich angemessener Konzepte, sondern auch auf das Lernen über den Forschungsprozess selbst, sowie auf das Erlernen der Schritte, die für Problemlösungen erforderlich sind. In dieser Arbeit wird der Fokus auf die Konstruktion fachlich angemessener Konzepte bei der Durchführung von Forschendem Lernen gelegt.

1.2. Level des Forschenden Lernens

Zurückgehend auf Dewey zählen zu einem aktiven Forschungsprozess das Erkennen eines Problems, das Suchen nach Lösungen für das Problem, das Sammeln von Fakten und das Deuten dieser. Damit diese Schritte überhaupt vollzogen werden können, muss im Verlauf des Inquiry-Prozesses Folgendes stattfinden (vgl. Koliander, 2017):

1. Das Bewusstwerden eines noch nicht lösbaren Problems.
2. Die Entwicklung der Ideen und die Planung und Durchführung von Datenerhebungen.
3. Die Verknüpfung von Daten, welche zur Klärung des Problems beitragen.

Aufbauend auf diese Schritte schlug Schwab 1960 erstmals eine Klassifizierung von Versuchen nach der Offenheit der Aufgabenstellungen vor. Er beschrieb demnach drei Stufen der Offenheit, wobei gilt, dass das Inquiry umso geschlossener ist je mehr Schritte von der Lehrperson vorgegeben werden.

Three levels of openness can be discriminated. At the simplest level, the manual poses problems and describes ways and means by which the student can discover relations he does not already know from his books. At a second level, problems are posed by the

manual, but methods as well as answers are left open. At a third level, problem, answer, and method are left open: [...]
(Schwab, 1960, S. 187)

1971 wurden die genannten drei Stufen von Herron um eine vierte Stufe ergänzt. Diese Stufe 0 zeichnet sich dadurch aus, dass sowohl die Fragestellung als auch die Methoden der Datenerhebung und die korrekte Interpretation vorgegeben sind. Zu Stufe 0 zählen aus Herrons Sicht somit auch Versuche, in denen Phänomene nur beobachtet oder erlebt werden, sowie jene Aufgaben, welche rein der Einübung von manuellen Fertigkeiten und Methoden dienen. Bei den Letztgenannten gibt es kein Problem, sondern nur eine Anleitung zum Gebrauch von Geräten und Materialien.

Mit einer weiteren Unterteilung dieser beiden dem Level 0 zugeordneten Versuche beschäftigten sich Woolnough und Allsop (1985). Sie bezeichneten demnach das Kennenlernen von Phänomenen als *Erfahrungen* und die Einübung von Fertigkeiten und Methoden als *Übungen*. Versuche, welche sich hingegen mit dem Problemlösen in einem Forschungsprozess auseinandersetzen, bezeichneten sie als *Untersuchungen*. Dieser zuletzt genannte Punkt ist somit auch der einzige, welcher in das bisherige Schema von Inquiry nach Dewey oder Schwab passt.

Bezüglich der Unterteilung in Level 0-3 sei noch angemerkt, dass diese nach Colburn (2000) in die Überkategorien *structured inquiry* für Level 0, *guided inquiry* für Level 1 und 2 und *open inquiry* für Level 2 zusammengefasst wurden. Dieses Konzept wurde auch von Abrams et al. (2008) aufgegriffen und später von Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Annetta, & Granger (2010) adaptiert. Bei Blanchard et al. wird *structured inquiry* dem Level 1 gleichgesetzt, und *guided inquiry* Level 2 zugeschrieben. Level 0 hingegen wird bei den genannten Autoren als *verification* bezeichnet.

Alle beschriebenen Bezeichnungen und Einteilungen werden in Tabelle 1 zusammengefasst:

Stufen der Offenheit von Aufgabenstellungen nach Koliander (2017), erweitert durch die Autorin in Anlehnung an Colburn (2000) und Blanchard et al. (2010)					
Benennung nach Colburn	Benennung nach Blanchard et al.	Öffnungsgrad des Versuches	Problemstellung, Fragestellung	Datenerhebungsmethoden, Durchführungsbeschreibung	Interpretation
-	-	sonstige Aufgabenstellungen	es gibt eine klare Anleitung, aber keine Fragestellung	vorgegeben	nicht vorhanden
Structured Inquiry	Verification	Stufe 0	vorgegeben	vorgegeben	vorgegeben
Guided Inquiry	Structured Inquiry	Stufe 1	vorgegeben	vorgegeben	durch die Schülerinnen und Schüler
	Guided Inquiry	Stufe 2	vorgegeben	durch die Schülerinnen und Schüler	durch die Schülerinnen und Schüler
Open Inquiry	Open Inquiry	Stufe 3	durch die Schülerinnen und Schüler	durch die Schülerinnen und Schüler	durch die Schülerinnen und Schüler

Tabelle 1: Stufen der Offenheit von Aufgabenstellungen

Um die Schülerinnen und Schüler bei der Umsetzung von Inquiry im Unterricht nicht zu überfordern ist es wichtig, die Aufgabenstellungen an die Kompetenzen der Lernenden anzupassen. Dies erfolgt unter anderem mithilfe der Wahl der geeigneten Level von Inquiry.

Diese Adaption bringt Vorteile für alle Schülerinnen und Schüler, da durch Variation der Level und durch geeignete Hilfestellungen auf die individuelle Leistungsfähigkeit Rücksicht genommen werden kann. Somit werden leistungsschwächere Lernende nicht überfordert, aber gleichzeitig leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler nicht unterfordert (Puddu & Koliander, 2013).

1.3. Rolle der Lehrperson

Im Zusammenhang mit der Rolle der Lehrperson wird oftmals von der Lehrerin oder von dem Lehrer als *Scaffolder* gesprochen. Darunter versteht man jemanden, welcher mit Rat und Tat den Lernenden zur Seite steht und sie so lange wie notwendig unterstützt. Die Vorstellung von einem Gerüst (*scaffold*) ist hier wörtlich zu verstehen. Denn genauso wie bei einem Haus am

Ende des Bauprozesses, kann bei Schülerinnen und Schülern am Ende eines Lernprozesses das Gerüst – also die Hilfe durch die Lehrperson – nach und nach „abgebaut“ oder sogar ganz weggelassen werden.

In effective learning environments, scaffolding is gradually added, modified, and removed according to the needs of the learner, and eventually the scaffolding fades away entirely.

(Sawyer, 2006, S. 12)

In anderen Worten übernimmt die Lehrerin oder der Lehrer in der Schule jene Teile von Inquiry, welche die Schülerinnen und Schüler noch nicht selbst durchführen können. Je größer jedoch deren Wissenstand, Fähigkeiten und Kompetenzen sind, desto mehr kann die Lehrperson diese Unterstützung reduzieren und somit den Lernenden mehr Verantwortung zukommen lassen.

Die Offenheit des IBL wird dadurch stets an die Rolle und die Verantwortlichkeit der Lehrenden und Lernenden angepasst. Je offener das Forschende Lernen ist, desto mehr Verantwortung wird den Lernenden übergeben. Handelt es sich um eine eher geschlossene Form, so werden mehr Entscheidungen von der Lehrperson übernommen. Dementsprechend werden von Level 0 ausgehend immer mehr Schritte im Forschungsprozess von den Schülerinnen und Schülern übernommen. Wie sich diese Übertragung der Verantwortung von der Lehrperson auf die Lernenden im jeweiligen Level zeigt kann Tabelle 1 entnommen werden.

IBL wird oft mit Open Inquiry synonym gesetzt. Open Inquiry ist im hier verwendeten Modell jedoch nur eine Unterart des Inquiry Based Learning. In Anlehnung an die Stufen des Inquiry spricht man bei Open Inquiry auch von Level 3, wobei den Lernenden der gesamte Forschungsprozess, inklusive Formulierung der Forschungsfrage und Interpretation der gewonnenen Daten, überlassen wird. Bis zum Erreichen des Open Inquiry ist die Lehrperson, mit von Level 0 bis Level 2 abnehmender Intensität, stark in die Forschungsprozesse der Lernenden involviert. Beim Erreichen des Level 3 gibt die Lehrerin oder der Lehrer die Verantwortung für den gesamten Prozess an die Schülerinnen und Schüler ab.

Hmelo-Silver, Duncan & Chinn (2007) betonen die Notwendigkeit des Engagements von Lehrerinnen und Lehrern auf Level 0-2, wodurch klargestellt wird, dass IBL somit auch in stärker auf die Lehrperson zentrierten Formen möglich ist. Für das Erlernen von Methoden und für das Erlernen des *to do inquiry* (eines der drei Ziele) ist es wichtig, dass die Lehrperson Schritte vorzeigt und den Lernenden explizit macht. Zu diesen Schritten zählen das Finden der

Fragestellung, das Formulieren von passenden Hypothesen, die Planung der Datenerhebungsmethode und die Interpretation der gewonnenen Daten.

Crawford (2000) meint sogar, dass Lehrpersonen im Inquiry-Unterricht stärker gebraucht werden als bei traditionellem Unterricht und zählt in weiterer Folge verschiedene Funktionen von Lehrerinnen und Lehrern während des Forschenden Lernens auf. Lehrpersonen werden demnach in weiterer Folge als Motivator, Guide und als Modellbildner von wissenschaftlichen Einstellungen und Attributen bezeichnet. Zusammenfassend stellt Crawford Lehrerinnen und Lehrer als unterstützende Mentorinnen und Mentoren dar, welche sich hoch engagiert, sensitiv und verantwortungsbewusst mit den verschiedenen Dimensionen des Lernens auseinandersetzen.

Des Weiteren muss die Lehrperson individuelle Voraussetzungen, wie Begabungen, Lernschwächen, Vorwissen, eigene Ziele etc., bei der Wahl der Aufgabenstellungen, beim Rückmelden, bei der Lernbegleitung, sowie beim Erlernen von neuen Lerninhalten bedenken (Seidel, Prenzel, Rimmele, Dalehefte, & Herweg, 2006). Da die Auswahl des Levels auch stets themenabhängig ist, muss zudem verstanden werden, dass es auch nicht die oberste Priorität ist, dass eine Klasse beim Forschenden Lernen Level 3 erreicht. Demnach sollten keinesfalls Schülerinnen und Schüler, welche bereits Level 2 und 3 Versuche durchgeführt haben, nur noch mit diesem Niveau konfrontiert werden. Abrams et al. (2008) schlagen deshalb vor, die verschiedenen Stufen des Forschenden Lernens je nach der Fähigkeit der Lernenden und ihrer Vertrautheit mit dem Thema zu variieren.

It is important for teachers to recognize that inquiry in the classroom represents a much broader array of approaches than solely that of level 3/open-inquiry. Instead, the NRC² (2000) is clear in suggesting that dependent on the ability of the students in the class and the nature of the material to be taught often one must begin at a much more teacher-centered fashion. A teacher may approach level 3 inquiries in her classroom perhaps only 2 or 3 times in a year (Gengarelly & Abrams, 2007). Before this, students must have a wealth of opportunities to hone their skills if they are to be successful in completing such inquiries and learning from their activities [...].
(Abrams et al., 2008, S. 19)

2 National Research Council (deutsch: Nationaler Forschungsrat); eine Forschungseinrichtung der USA.

1.4. Vorteile des Forschenden Lernens

Das Ziel *learning to inquire* wird durch das aktive Durchführen von Inquiry durch die Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Forschendem Lernen erreicht. Bezogen auf das Durchführen von Inquiry lassen sich vor allem die Fähigkeiten nach Bybee nennen, welche Schülerinnen und Schüler erwerben können:

- Suchen nach und Formulieren von wissenschaftlichen Fragen,
- das Aufstellen von Hypothesen,
- die Planung und Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen,
- das Interpretieren der gewonnenen Daten,
- das Formulieren von wissenschaftlichen Erklärungen und
- das Kommunizieren in wissenschaftlicher Sprache bzw. das Verteidigen von wissenschaftlichen Argumenten.

(Bybee, 2000)

Ein weiterer Vorteil des Forschenden Lernens gegenüber anderen Methoden ist der positive Einfluss von IBL auf das Verstehen von naturwissenschaftlichen Inhalten und Konzepten. Dieser Vorteil wurde bereits mehrfach wissenschaftlich belegt, so z.B. von Leonard (1983), welcher den fachlich-inhaltlichen Lernerfolg einer Schüler- und Schülerinnengruppe mit Forschendem Lernen mit einer weiteren ohne Forschendem Lernen verglich.

On a posttest, the students who had experienced the inquiry-based approach scored significantly higher than students who experienced a more traditional verification method.

(Leonard in Blanchard et al., 2010, S. 583)

Ob sich dieser fachlich-inhaltliche Lernerfolg bereits nach einer kurzen Einheit Forschenden Lernens einstellt, ist eine der Fragestellungen, denen in dieser Arbeit nachgegangen wird.

Durch Forschendes Lernen können Schülerinnen und Schüler auch weitere Kompetenzen erwerben. Hierzu zählen sowohl soziale Kompetenzen, wie z.B. die Fähigkeit zur Zusammenarbeit, das selbständige Handeln und die Reflexion des eigenen Tuns, als auch kommunikative Kompetenzen, wie beispielsweise die adäquate Anwendung von Sprache, Symbolen und Texten. Eine gute Beschreibung zu diesen erweiterten Zielen und Kompetenzen

findet man beispielsweise im DeSeCo³-Modell (Koliander, 2017). Auch Blanchard et al. (2010) weisen auf überfachliche Ziele hin, wie z.B. den Umgang mit der eigenen Identität, oder den Aufbau eines Demokratieverständnisses.

Es wird auch die Position vertreten, dass der Erwerb von verschiedenen Kompetenzen im sozialen Bereich gegenüber jenen im naturwissenschaftlichen Bereich überwiegt. Es geht also nicht nur um das Erlernen des vorgegebenen Lehrstoffs, sondern darüber hinaus auch um den Erwerb von verschiedenen Kompetenzen. Dadurch hat IBL durchaus auch auf andere Fächer, wo diese Kompetenzen eingesetzt werden können, einen positiven Einfluss (Abrams et al., 2008).

1.5. Kritik am Forschenden Lernen

Neben diesen positiven Forschungsergebnissen gibt es auch Studien, welche den Einsatz von Forschendem Lernen durchaus kritisch sehen. Eine Studie von Klahr und Nigam aus dem Jahr 2004 vergleicht beispielsweise Schüler- und Schülerinnengruppen, welche direkte Angaben von der Lehrperson erhielten, mit Gruppen, welche keine Angaben von der Lehrperson erhielten, und stellten fest, dass jene ohne Angaben schlechter abschnitten (Blanchard, et al., 2010). Man sollte hier meiner Meinung nach jedoch bedenken, dass das Forschende Lernen selbst durch aufbauende Level erlernt werden muss, und dass die Lehrperson während des Forschenden Lernens stets eine aktive Rolle einzunehmen hat.

Andere kritische Stimmen behaupten, dass auch auf Level 3 kein Lernen auf dem Niveau der tatsächlichen Forschung stattfände, da die Forschung zu einfach dargestellt würde und es demnach zu *simple inquiry* käme, welches sich nicht mit wissenschaftlicher Forschung vergleichen ließe (Abrams et al., 2008, S. 8).

Als Gründe dafür, dass für Forschendes Lernen in Studien keine Vorteile belegbar sind, nennen Hofstein und Lunetta die folgenden vier:

1. Nur wenige Lehrpersonen sind genügend kompetent, um Laborunterricht effektiv einzusetzen.
2. Zu viel Betonung der Laboraktivitäten führt zu einer beschränkten Vorstellung von Wissenschaft.

³ **Definition and Selection of Key-Competences** (Rychen, Salganik, & McLaughlin, 2003). Eine OECD Studie zur Identifikation von Schlüsselkompetenzen, welche für die persönliche und soziale Entwicklung der Menschen notwendig sind.

3. Viele der in der Schule durchgeführten Versuche sind zu trivial.
4. Der Experimentalunterricht an Schulen ist oft zu weit von den Fähigkeiten und Interessen der Kinder entfernt.

(Hofstein & Lunetta, 1982)

Um der Gefahr der Trivialisierung und einer beschränkten Vorstellung von Wissenschaft entgegenzuwirken wird vorgeschlagen, dass die Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler statt von den Lehrkräften von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen zusammengestellt werden. Kritische Gegenstimmen meinen jedoch, dass es dadurch wiederum zu Überforderung der Lernenden kommen könnte und schreiben demnach der Lehrperson die Wahl der Aufgabenstellungen und des geeigneten Levels zu.

Einem der letzten OECD⁴-Berichte (Mostafa, 2018) zufolge konnte zudem festgestellt werden, dass die Effektivität des Forschenden Lernens von der Disziplin der Klasse abhängt. Es zeigte sich, dass in weniger disziplinierten Klassen durch Forschendes Lernen niedrigere Testergebnisse im naturwissenschaftlichen Bereich bei PISA erreicht wurden als in disziplinierten Klassen. Es werden in diesem Bericht auch positive Aspekte des IBL erwähnt, vor allem die Steigerung des Interesses an den Naturwissenschaften, das Selbstvertrauen der Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung von Versuchen und die Steigerung der Freude (enjoyment) an den Naturwissenschaften. Deshalb sollte nicht vollständig auf das Forschende Lernen im Unterricht verzichtet werden. In der Studie der OECD wird zudem betont, dass sich Forschendes Lernen (*inquiry-based science activities*), durch die Lehrperson gelenkter Unterricht (*teacher-directed science instruction*) und adaptiver Unterricht (*adaptive instruction*) nicht gegenseitig ausschließen. Die angesprochenen Ansätze können kombiniert werden, um die jeweils angestrebten Lehr- und Lernziele zu erreichen (Mostafa, 2018).

Zusammengefasst handelt es sich beim Forschenden Lernen um eine Methode für die Durchführung von Inquiry im Schulunterricht. Dabei können Aktivitäten nach ihrer Öffnung vier verschiedenen Level zugeschrieben werden. Je nach Öffnung des Levels werden den Lernenden immer mehr Aufgaben in Verantwortung übergeben. Dennoch steht die Lehrperson unabhängig vom Level stets den Lernenden als Scaffolder zur Verfügung. Der Hauptvorteil des Forschenden Lernens ist vor allem die Erreichung des Ziels *learning to inquire*. Doch bereits ab Level 1 sind die Schülerinnen und Schüler gefordert, die Ergebnisse ihrer Untersuchungen

4 Organisation for Economic Co-operation and Development, deutsch: Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, mit Sitz in Paris und aktuell 36 Mitgliedstaaten. Das Hauptaugenmerk dieser Organisation liegt auf der Förderung der wirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen ihren Mitgliedsstaaten.

zu interpretieren, wofür sie auf fachliche Konzepte zurückgreifen müssen. Dies bietet die Chance, auch fachliche Begriffe und Zusammenhänge weiter zu entwickeln.

Für die in dieser Arbeit untersuchte Inquiry-Einheit wurde das fachliche Thema „Säuren und Basen“ gewählt. Im folgenden Kapitel sollen daher als Basis für die Analyse grundlegende Begriffe und Zusammenhänge zum Thema „Säuren und Basen“ kurz skizziert werden.

2. „Säuren und Basen“ im Chemieunterricht

Da die untersuchte Unterrichtseinheit „Säuren und Basen“ als Thema hatte und die Erweiterung des Wissensnetzwerks hinsichtlich dieses Themas untersucht wurde, soll im Folgenden auf essentielle Konzepte und Inhalte dieses Themas eingegangen werden.

2.1. Ebenen der Chemie

De Jong und van Driel (2004) weisen darauf hin, dass die Komplexität von Chemie vor allem auf die drei verschiedenen Ebenen zurückgeht, auf denen Beschreibungen und Erklärungen gegeben werden. Man spricht diesbezüglich oft auch von verschiedenen Level (z.B. Drechsler & Schmidt, 2005; Lin & Chiu, 2010; Lembens & Reiter, 2018) bzw. einem chemischen Triplet (Taber, 2013). Johnstone (2000) setzte diese drei Ebenen in einen grafischen Zusammenhang miteinander und stellte sie als Dreieck dar.

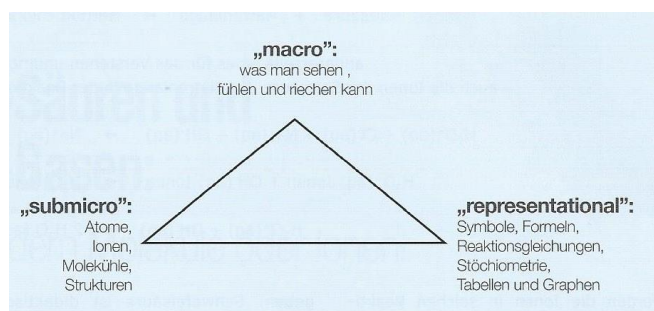


Abbildung 1: Johnstone-Dreieck (Johnstone 2000 in Barke, 2015)

Bezogen auf die drei Ecken des Dreiecks unterscheidet Johnstone zwischen:

- [...] (a) the macro and tangible: what can be seen, touched and smelt
(b) the submicro: atoms, molecules, ions and structures; and
(c) the representational: symbols, formulae, equations, molarity, mathematical manipulation
and graphs.

(Johnstone, 2000, S. 11)

Die makroskopische Ebene umfasst somit alles, was man fühlen, sehen und riechen – oder, in anderen Worten, mit den Sinnen wahrnehmen kann. Lin und Chiu (2010) schreiben dieser Ebene Eigenschaften wie die Toxizität, Korrosion und den Geschmack von Stoffen zu. Oft spricht man hier auch von der Phänomen- oder Stoffebene (z.B. Lembens & Reiter, 2018 a,

Lembens, Hammerschmid, Jaklin-Farcher, Nosko, & Reiter (2019), Drechsler & Schmidt, 2005; Lin & Chiu, 2010).

Bezogen auf die Submikroebene spricht Johnstone (1991) auch vom *invisible level*. Oft wird diese Ebene auch als Teilchenebene bezeichnet (z.B. Lembens & Reiter, 2018a) und umschreibt alles, was nicht direkt (Anmerkung: sinnlich) wahrgenommen werden kann. Die submikroskopische Ebene ist oft wichtig, um Phänomene auf der makroskopischen Ebene zu verstehen und zu erklären (Lembens et al., 2019).

Die dritte Ebene bezieht sich auf die Darstellung von chemischen Sachverhalten mithilfe von Wörtern, Namen oder funktionellen Gruppen (Lin & Chiu, 2010). Diese *representational figures* sind wichtig, um Prozesse der anderen Ebenen zu beschreiben (Lembens et al., 2019) bzw. den Transfer eines Konzepts zwischen submikroskopischer und makroskopischer Ebene zu ermöglichen (Taber, 2013). Man bezeichnet diese Ebene oft auch als „Symbolebene“.

Das Johnstone-Dreieck lässt sich sehr gut anhand des Beispiels „Wassers“ erklären. Ein Becherglas mit dem Stoff Wasser wäre demnach der makroskopischen Ebene zuzuschreiben. Stellt man das Wassermolekül mithilfe eines Kugelmodells dar, würde man sich auf dessen Teilchen und somit auf die Submikroebene beziehen. Die Darstellung von „H₂O“ als Symbolschreibweise wäre hingegen der Symbolebene zuzuschreiben.

Johnstone (1991, 2000) war sich des Problems bewusst, dass Unterricht oft gleichzeitig auf verschiedenen Ebenen stattfindet. Ohne eine genaue Differenzierung der Ebenen führt Unterricht oftmals zu inhaltlichen Verständnisproblemen bzw. der Konstruktion von Fehlvorstellungen. Diese Fehlkonzepte beschränken sich jedoch keinesfalls auf Schülerinnen und Schüler, sondern konnten auch bei Lehrerinnen und Lehrern, sowie bei (Universitäts-) Studenten und Studentinnen (Lembens & Reiter, 2018a; Lembens et al., 2019; de Jong & van Driel, 2004) festgestellt werden. Lehrende wechseln auch immer wieder zwischen den einzelnen Ebenen hin und her, ohne sich darüber im Klaren zu sein, dass die Schüler und Schülerinnen oftmals nicht wissen, welche Ebene gerade gemeint ist (Lembens et al., 2019).

2.2. Submikro- und Makroebene beim Thema „Säuren und Basen“

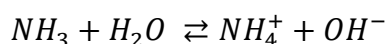
Auch in Bezug auf das Thema „Säuren und Basen“ kommt es oftmals zu einer Vermischung der submikroskopischen und der makroskopischen Ebene. Zusätzlich werden das Modell von Arrhenius und jenes von Brönsted nicht klar voneinander getrennt.

Nach Arrhenius (1903) sind „Säuren“ Substanzen, die in wässrigen Lösungen die Konzentration von Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) erhöhen können. Basen können in wässrigen Lösungen Hydroxidionen (OH^- -Ionen) abgeben und besitzen somit mindestens eine Hydroxidgruppe. Dabei wird immer von einer Reaktion im Lösungsmittel Wasser ausgegangen. Aus heutiger Sicht stellt das Arrhenius-Modell eine einfach verständliche aber nicht sehr umfangreiche Beschreibung von „Säuren und Basen“ dar, da einerseits Basen auf Substanzen, welche OH^- -Gruppen enthalten, limitiert werden und es sich andererseits beim Lösungsmittel stets um Wasser handelt (Drechsler & Schmidt, 2005; Lembens et al., 2019). Diese eingeschränkte Abhandlung des Themas „Säuren und Basen“ wird vor allem in der Sekundarstufe I gerne verwendet (Lembens et al., 2019). Der Chemieunterricht der Sekundarstufe II bezieht sich hingegen auf die Brönsted-Theorie.

Brönsted schlug 1923 eine allgemeinere Säure-Base-Definition vor (Barke, 2015). Demnach sind Säuren und Basen Teilchen (Moleküle oder Ionen). Säuren werden als Teilchen beschrieben, welche Protonen (Hydrogen-Ionen) abgeben können und Basen als Teilchen, die Protonen (Hydrogen-Ionen) aufnehmen können. Durch die Abgabe eines Protons verwandelt sich eine Säure (Teilchen) in eine Base, es können somit konjugierte Säure-Basen-Paare angeschrieben werden.

Die Säure-Base-Reaktionen beschränken sich bei Brönsted nicht auf Wasser als Lösungsmittel. Wenn eine Säure mit einer Base reagiert so wird ein Proton übertragen. Dabei wird das Proton von der Säure abgegeben, wodurch das dazugehörige Teilchen eine Base wird. Aus der ursprünglichen Base bildet sich hingegen eine Säure (z.B. Lembens & Reiter, 2018 a; Barke, 2015). Das Ausmaß der Fähigkeit einer Säure, ein Proton abzugeben, wird als Säurestärke bezeichnet (Lembens & Reiter, 2018 b).

Die Reaktion von Ammoniakmolekülen mit Wassermolekülen ist ein Beispiel für eine Säure-Base-Reaktion nach Brönsted, wobei Ammoniak als Base und Wasser als Säure fungiert (linke Seite):



Das Brönsted-Konzept ist umfangreicher als das Konzept nach Arrhenius – da Basen nicht nur durch ihre OH^- Gruppe bestimmt werden und auch andere Lösungsmittel als Wasser verwendet werden können. Es fällt den Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II oft schwer, das zuerst gelernte Arrhenius-Konzept durch das allgemeinere Modell von Brönsted zu ersetzen (Lembens & Reiter, 2018 a).

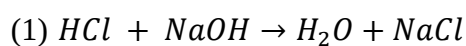
Die folgenden Beispiele für unangemessene oder verwirrende Darstellungen sind wichtig für die in dieser Arbeit beforschte Unterrichtseinheit.

Die Beschriftung von Flüssigkeiten mit „HCl“ oder „NaOH“ ist eine bekannte Quelle von unangemessenen Vorstellungen (Lembens & Becker, 2017; Lembens & Reiter, 2018; Drechsler & Schmidt, 2005).

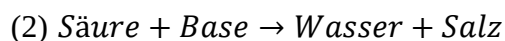
Die beiden genannten Beispiele „HCl“ und „NaOH“ sind typisch für die Vermischung des Brönsted- mit dem Arrhenius-Modell. Im Falle von „HCl“ handelt es sich um die unangemessene synonyme Verwendung der Bezeichnungen „Chlorwasserstoff“ und „Salzsäure“ (Barke 2015; Lembens & Becker 2017, Lembens & Reiter, 2018 a). Auch die Bezeichnungen als „Stoff“ und „Säure“ sind hier irreführend. Als Chlorwasserstoff wird zwar oft die gasförmige Substanz HCl bezeichnet, um genauer zu sein handelt es sich hier jedoch um die Bezeichnung eines Chlorwasserstoff-Moleküls. Salzsäure enthält das Wort „Säure“ und wäre demnach als Teilchen zu verstehen. Es handelt sich hierbei jedoch um die Bezeichnung der wässrigen Lösung des gasförmigen Chlorwasserstoff-Moleküls, bestehend aus Chlorid- und Oxonium-Ionen. Die richtige Darstellung von Salzsäure wäre also: $Cl^{-}(aq) + H_3O^{+}(aq)$ (Lembens & Becker, 2017; Lembens & Reiter, 2018 a).

Dasselbe gilt für NaOH und die Bezeichnungen „Natronlauge“ und „Natriumhydroxid“. Natronlauge ist demnach als wässrige Lösung von Natriumhydroxid (NaOH bzw. genauer: $Na^{+}OH^{-}$) zu verstehen. Natriumhydroxid ist der zugehörige Feststoff (Lembens & Reiter, 2018 a).

Auch die Darstellung von Neutralisationsreaktionen kann eine Quelle von unangemessenen Vorstellungen sein. Ein typisches Beispiel, welches sich in vielen Schulbücher findet ist die Darstellung einer Neutralisationsreaktion gemäß:



Diese Gleichung wird oftmals auch mit der Wortgleichung



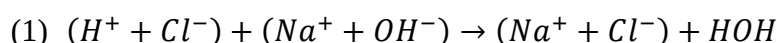
gleichgesetzt (Lembens & Reiter, 2018 a; Drechsler & Schmidt, 2005).

Beide Gleichungen sollten jedoch als problematisch betrachtet werden, denn sie können die folgenden Fehlvorstellungen hervorrufen:

- NaOH ist eine Base und HCl eine Säure.

- Säuren und Basen konsumieren sich gegenseitig.
- Es entsteht immer Wasser.
- Es entsteht festes Salz.
- Neutralisation und Neutralisationsreaktionen sind dasselbe.
- Es entsteht immer eine neutrale Lösung.

Da die Stoffe in wässriger Lösung vorliegen wäre es statt der oben genannten Gleichung besser, die dissoziierten Ionen anzugeben:



Bzw. vereinfacht als



(Drechsler & Schmidt, 2005, S. 20)

Die Aufbereitung des Kapitels „Säuren und Basen“ in Schulbüchern findet oftmals vermischt statt (z.B. Lembens et al., 2019; Justi & Gilbert, 1999, 2000; Lembens & Becker 2017) oder verzichtet trotz eigenständiger Erklärung der Modelle auf eine Herausarbeitung deren Unterschiede und deren Notwendigkeiten, um von einem Modell auf das andere überzugehen (Caar 1984, Oversby 2000). Dem sei hinzuzufügen, dass Schulbücher eine Schlüsselfunktion für das Lehren und Lernen haben (Lembens et al., 2019) und zudem nicht nur von den Schülern und Schülerinnen zum Lernen, sondern auch von Lehrern und Lehrerinnen für die Unterrichtsplanung benutzt werden (Roseman et al. 2010; Oelkers 2010). Auch erfahrene Lehrpersonen neigen dazu, verschiedene Modelle zu „Säuren und Basen“ miteinander zu mischen (van Driel & Verloop 1999, 2002; Barke, 2015). Grund hierfür könnte sein, dass nicht alle Chemielehrenden und Lehramtsstudierenden über die Bedeutung der Unterschiede der einzelnen historischen „Säuren und Basen“-Modelle aufgeklärt wurden (Drechsler & Schmidt, 2005) oder fehlerhaftes Wissen aus einführenden Kursen und persönlichen Erfahrungen übernehmen (Ledermann et al., 1994).

Zusammengefasst sollte den Lehrpersonen stets bewusst sein, ob sie von „Säuren“ und „Basen“ als Teilchen sprechen und somit das Brönsted-Konzept auf der Submikroebene ansprechen, oder ob sie sich auf das Arrhenius-Konzept auf der Phänomenebene (makroskopisch) beziehen. Da im Arrhenius-Konzept die Substanzen stets gelöst vorliegen, sollte im Rahmen dieses Konzepts statt von Säuren und Basen von sauren und basischen Lösungen gesprochen werden (Lembens et al., 2019).

In der vorliegenden Arbeit wurde der Frage nachgegangen, wie sich eine Einführung in das Forschende Lernen auf die fachliche Konzeptentwicklung von Schülerinnen und Schülern im Themenbereich „Säuren-Basen“ auswirkt. Da die Lehrperson noch nicht darin geschult war, die in diesem Kapitel behandelten fachdidaktischen Überlegungen zum Thema „Säuren und Basen“ im Unterricht zu beachten, sind in der untersuchten Einheit nicht alle Bereiche angemessen dargestellt worden. Auf dies wird bei der Beschreibung der Unterrichtseinheit genauer eingegangen.

3. Die Concept-Mapping-Methode

Das folgende Kapitel befasst sich mit der Definition und der Entstehung von Concept-Maps (Beispiel in Abbildung 2), welche als vielfältiges Tool eingesetzt werden können. Zuerst wird kurz eine Begründung für deren Einsatz gegeben, danach wird das Erstellen von Concept-Maps beschrieben.

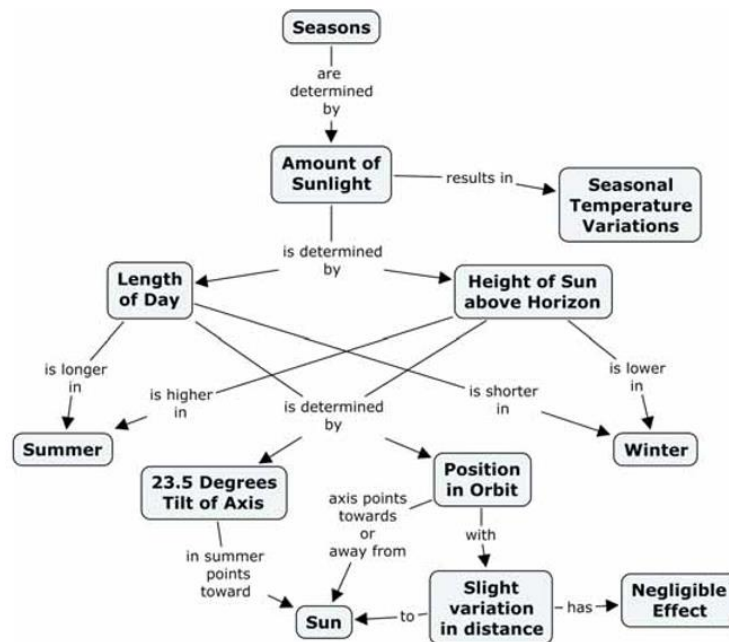


Abbildung 2: Beispiel einer Concept-Map zum Thema "Jahreszeiten" (engl. seasons")
(Novak & Cañas, 2006)

3.1. Concept-Maps und ihre Funktion

Genauso vielfältig wie die Literatur zum Thema Concept-Maps ist, genauso vielfältig sind auch die Erklärungen, worum es sich bei einer Concept-Map überhaupt handelt. Im Folgenden wird auf die grundlegenden Funktionen einer Concept-Map näher eingegangen.

Concept-Maps wurden 1972 im Zuge von Novaks Forschungsprogramm entwickelt (Novak & Cañas, 2006, S. 3). 1984 wurden Concept-Maps erstmals näher von Novak und Gowin definiert. Nach diesen Autoren stellen sie ein Werkzeug dar, welches hilft, in die kognitive Struktur der jeweiligen Schülerinnen und Schüler einzudringen und somit festzustellen, was diese bereits wissen (Hough et al., 2007, S. 24). Anknüpfend an das Einbeziehen von bereits Erlerntem wurden Concept-Maps als „Prä-Assessment“ verwendet. In anderen Worten bedeutet dies, dass man mithilfe dieses Werkzeugs auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zurückgreifen kann (Hough et al., 2007, S. 27).

Des Weiteren definieren Novak und Gowin Concept-Maps nach ihrer Erscheinungsform als zweidimensionales Bild, welches verwendet wird, um Beziehungen zwischen einem zentralen Thema und weiteren Konzepten wiederzugeben (Hough et al., 2007, S. 24). Hough et al. verstehen unter Konzepten die hinter den Begriffen liegenden Ideen und Zusammenhänge. Concept-Maps sind demnach graphische Werkzeuge, welche für das Organisieren und Präsentieren von Wissen verwendet werden können. Im Zuge dessen lässt sich mit Hilfe dieses Werkzeuges das *conceptual development* (die Entwicklung von Konzepten) bei Kindern verfolgen (Novak, 2005).

Folgend ergab sich auch eine erstmalige Definition des Aufbaus einer Concept-Map, welcher darauf beruht, dass die von dem Schüler oder der Schülerin verwendeten Concepts mit dem zentralen Thema (*Key-Concept*) oder der Überschrift direkt verknüpft werden. *Concepts* oder *Schlüsselwörter* werden durch beschriftete Kreise oder Boxen dargestellt, welche wiederum durch beschriftete Linien (*Links*) miteinander verbunden werden. Wörter auf Links werden auch als Verbindungswörter oder Verbindungsphrasen bezeichnet und verdeutlichen die Beziehung zwischen den zwei Concepts. Der oder die Lernende bildet seine bzw. ihre Map um das zentrale Thema und ordnet dazugehörige Concepts um dieses herum hierarchisch an. Dabei gilt, dass Schlüsselwörter, welche näher am zentralen Thema sind, mit diesem stärker im Kontext stehen als jene, welche weiter von diesem entfernt sind (Hough et al., 2007, S. 24; Novak & Cañas, 2006, S. 1).

Auch Greene, Lubin, Slater & Walden (2013) stellen die Strukturierung von Wissen innerhalb einer bestimmten Inhaltsdomäne als zentrale Aufgabe von Concept-Maps in den Mittelpunkt. Des Weiteren erwähnen sie jedoch auch erstmalig den Einsatz von Concept-Maps als Erhebungsmethode bzw. stellen sie als einen effektiven Weg dar, um das *conceptual development* der Lernenden aufzuzeigen. Der Aufbau der Concept-Maps selbst wird von Greene et al. nicht genauer beschrieben. Es wird lediglich angemerkt, dass der Aufbau einer Concept-Map dem einer *chart-like-structure*, also einer diagramm-ähnlichen Struktur, entspricht (Greene et al., 2013, S. 288f).

Laut Freiman und Schlieker (2001) sind Concept-Maps Wissensstrukturen, welche in verzweigter, nicht linearer Form bildhaft dargestellt werden. Dies entspricht den zuvor genannten Begriffserklärungen. Neu ist jedoch die von ihnen eingeführte Definition einer Concept-Map als „Begriffsnetz“. Zudem gehen sie erstmals auch auf den Einsatz von Concept-Maps im Unterricht ein. Folgend definieren sie Concept-Maps als Werkzeuge, welche strukturiertes Lernen unterstützen sollen. Vor allem die qualitative Verbesserung des Gelernten

soll gegenüber der quantitativen Wissenszunahme im Vordergrund stehen. Vorhandene Kenntnisse können durch das Herstellen neuer Bedeutungsnetze vertieft werden (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58).

Grundsätzlich lassen sich diese Begriffsnetze laut Freiman und Schlieker in jeder Unterrichtssituation einsetzen, zum Beispiel als Zusammenfassung, Wiederholung oder zum Abschluss eines Themengebiets (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58).

Hay knüpft schlussendlich an den genannten Definitionen an und stellt Concept-Mapping als ein starkes Werkzeug in der Bildungsforschung dar, welches jedoch auch bei anderen Lernprozessen, Lehrprozessen und Forschungsmethoden eingesetzt werden kann (Hay, 2007, S. 54).

3.2. Wozu Concept-Maps?

Mithilfe eines Programmes in den 1970er Jahren wollte Novak untersuchen und verstehen, wodurch Änderungen im Verstehen von naturwissenschaftlichen Inhalten bei Kindern zustande kommen. Er fand heraus, dass es schwierig ist, diese Änderungen anhand von Interviews auszumachen (Novak & Cañas, 2006, S. 3). Dem genannten Programm wurde die Lernpsychologie von David Ausubel (1963) zugrunde gelegt. Nach diesem US-amerikanischen Psychologen wird Lernen als Verknüpfung von neuem mit bereits bekanntem Wissen verstanden.

The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this and teach him accordingly.
(Ausubel, 1968 in Novak, 2005, S. 24)

Von Ausubel stammen auch die heute bekannten Begriffe des „Auswendiglernens“ (*rote learning*) und des „bedeutsamen Lernens“ (*meaningful learning*). Bei Letzterem geht es vor allem darum, Lerninhalte so zu lernen, dass sie eine bedeutungsvolle und bleibende Auswirkung auf das menschliche Verstehen haben. Damit dieses Lernen stattfinden kann, müssen drei Bedingungen erfüllt sein. Zunächst muss das Material, welches erlernt werden soll, klar präsentiert werden und in einer nachvollziehbaren Sprache gestaltet sein. Zweitens muss der oder die Lernende bereits Vorwissen besitzen, in welches das neue Wissen eingegliedert werden kann. Drittens muss die Entscheidung zu lernen selbstbestimmt sein (Novak & Cañas, 2006, S. 3f).

Vor allem den zweiten Punkt, dass neu Erlerntes in bereits Bekanntes eingegliedert werden soll, stellt auch David Kolb (Kolb & Fry, 1975 in Hay, 2007) in den Mittelpunkt seiner Studien über erfahrungsbasiertes Lernen. Sein Lern-Zyklus besagt, dass jede Art von Lernen auf Erfahrung beruht und Schritte der Reflektion, Evaluierung und des aktiven Experimentierens für den Wissenserwerb vorausgesetzt werden (Kolb & Fry, 1975 in Hay, 2007). Wie auch für Ausubel ist für Kolb das Lernen ein individueller Prozess, bei dem Neues in bereits vorhandene Muster eingegliedert wird. Je mehr das Erlernte hierbei in bereits Bekanntes eingegliedert werden kann, umso größer ist der Einfluss, den das neue Wissen hinterlässt (Novak & Cañas, 2006, S. 5).

Nicht-Lernen hingegen kann als Abwesenheit von Veränderung des Wissensnetzwerks wahrgenommen werden (Kolb & Fry, 1975 in Hay, 2007, S.40). Beispielsweise findet beim Auswendiglernen wenig oder keine Integration des neuen Wissens in bereits bekanntes statt. Darum neigt der Lernende bzw. die Lernende auch dazu, das auf diese Weise angeeignete Wissen – sofern es nicht vielmals erprobt wird – schnell wieder zu vergessen (Novak & Cañas, 2006, S. 6).

Die Erkenntnisse Ausubels und Kolbs erforderten neue Analyseinstrumente für die Untersuchung des Lernfortschritts von Schülerinnen und Schülern. Einer der Forscher, der sich ab den 1970er Jahren mit der Entwicklung solcher Analyseinstrumente beschäftigte, war Novak. Da für ihn schnell klar wurde, dass für das Bestehen eines typischen Tests meist nicht mehr als stures Auswendiglernen vorausgesetzt wird, befasste er sich mit der Entwicklung eines neuen Erhebungsinstruments mit dessen Hilfe das konzeptuelle Verstehen der Lernenden erfasst werden kann: die Concept-Map (Bloom 1956 in Novak & Cañas, 2006, S. 4).

3.3. Concept-Maps als Methode für die Förderung bedeutsamen Lernens und als Erhebungsmethode

Zentral für die Entwicklung von Concept-Maps war der Wunsch nach einem Instrument, mit dem man bedeutsames Lernen fördern und erheben kann. Die so entwickelte Methode des Concept-Mappings soll den Lernenden als eine Art „Gerüst“ bzw. als „Schablone“ dienen und so helfen, bereits vorhandenes Wissen zu strukturieren und neues Wissen zu konstruieren (Novak & Cañas, 2006, S. 7ff).

Vorherige Strukturen zur graphischen Darstellung von Wissenszusammenhängen ließen im Gegensatz zu Concept-Maps keine Anordnung in hierarchischen Strukturen zu und hatten üblicherweise auch keine *Nodes* (Novak, 2005, S. 30).

Man kann die Methode des Concept-Mappings auch als Erhebungsinstrument nutzen. Dies deshalb, weil die Qualität von Concept-Maps beschreibbar, messbar und eventuell auch quantifizierbar ist (Hay, 2007, S. 55). Somit wird die Anwendbarkeit der Concept-Maps von einem Lernwerkzeug auf eine Hilfestellung zur Erfassung/Erhebung und zum Vergleich von Lernerfolgen erweitert. Concept-Maps können sowohl dazu genutzt werden, das anfänglich vorhandene Wissen einer Person zu erheben, als auch dazu, Veränderungen in deren kognitiver Struktur festzuhalten (Novak, 2005, S. 33).

Durch diese Erweiterung der Anwendbarkeit kann die beschriebene Methode nicht nur für Lernende, sondern auch für Lehrende einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Unterrichtsziele leisten. Vor allem bei komplexen Gebieten können Concept-Maps sowohl Lehrenden als auch Lernenden helfen, Zusammenhänge besser zu verstehen (Novak, 2005, S. 23).

Schlussendlich erleichtern Concept-Maps, laut Novak und Cañas, nicht nur das Erlernen von neuen Inhalten, sondern können hilfreich beim bedeutsamen Lernen sein. Vor allem der Aufbau einer Concept-Map als eine Art Gerüst oder Schablone hilft den Lernenden ihr Wissen besser zu organisieren. Diese organisierende Funktion einer Concept-Map kann laut Novak und Cañas den Lernenden helfen bedeutsam zu lernen (*learn meaningfully*) und somit Fehlkonzepte zu überwinden (Novak & Cañas, 2006, S. 7f).

3.4. Planung des Mappings

Allgemein lässt sich sagen, dass das Erstellen einer Concept-Map auf verschiedene Arten erfolgen kann: von extrem ergebnisoffen und an den Schülerinnen und Schülern orientiert bis straff gelenkt durch die Lehrperson. Bei der Version, welche sich an den Schülerinnen und Schülern orientiert, müssen die Lernenden selbst wichtige Schlüsselbegriffe zu einem Thema finden und Beziehungen zwischen diesen herstellen. Das Erstellen einer Concept-Map kann dann in Partner- oder Gruppenarbeit erfolgen (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58).

Die durch die Lehrperson gelenkte Variante zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass möglichst viele Hilfestellungen zum Erstellen der Concept-Map vorgegeben werden. Diese Hilfestellungen können Schlüsselwörter und Beschriftungshilfen – z.B. Nodes – aber auch ganze Strukturen beinhalten. Je mehr bei einer Concept-Map vorgegeben wird, desto besser kann das Ergebnis mit anderen Concept-Maps verglichen werden. Zudem kann das teilweise Vorgeben einer Concept-Map, beispielsweise das Vorgeben einer fertigen Struktur mit

Leerstellen für das Einsetzen der Concepts, zu einer rascheren Bearbeitung und Absicherung gegenüber Fehlern beitragen. (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58). Die schülergelenkte Variante hingegen verzichtet teilweise bis gänzlich auf vorgegebene Schlüsselwörter, Nodes und dergleichen.

Durch die Listung der Schlüsselwörter im Voraus wird der Einstieg in die Concept-Map vereinfacht. Novak und Cañas bezeichnen die so erstellte Liste von Begriffen auch als *parking lot*, da dort Wörter geparkt werden, bevor sie in die Mappe integriert werden. Das Weglassen von Wörtern bei der Erstellung der Concept-Map ist legitim, falls der Concept-Map-Ersteller oder die Concept-Map-Erstellerin keine gute Verknüpfung zwischen ihnen und den anderen bereits in der Concept-Map befindlichen Wörtern herstellen kann (Novak & Cañas, 2006, S. 12).

Laut Novak und Cañas reichen normalerweise ca. 15-20 Begriffe aus, um eine aussagekräftige Concept-Map zu erstellen. Die Auswahl dieser Begriffe erfolgt nach verschiedenen Kriterien, wobei vor allem das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler eine wesentliche Rolle spielt. Um die Kenntnisse von Lernenden innerhalb eines Wissensgebietes besser einschätzen zu können, empfiehlt es sich bereits vor dem eigentlichen Concept-Mapping herauszufinden, über welchen Wissenstand der Concept-Map-Ersteller oder die Concept-Map-Erstellerin verfügt. Dies kann beispielsweise durch gezieltes Fragenstellen (Novak & Cañas, 2006, S. 10), ein Interview (Hay, 2007, S. 43) oder, wie im Falle dieser Arbeit, durch eine schriftliche Befragung (siehe auch 5.3) erfolgen.

Unabhängig von der Offenheit einer Concept-Map, sollten Schülerinnen und Schüler auf jeden Fall zuvor in die Methodologie des Mapping eingeführt werden. Dies geht vor allem auch aus dem folgenden Zitat hervor:

We have found student concept maps to be good indicators of their knowledge when learners have sufficient skill in concept mapping and motivation to construct their own concept maps.

(Novak, 2005, S. 33)

Dabei sollen die Unterschiede zwischen einer Concept-Map und einer oftmals den Lernenden bereits bekannten Mind-Map erklärt werden. Dabei ist vor allem das Beschriften der *Links* ein wesentlicher Unterschied zu einer Mind-Map. Hay (2007) empfiehlt zudem, den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, wie die Konzepte graphisch und hierarchisch angeordnet werden können (Hay, 2007, S. 42).

3.5. Herausforderungen von Concept-Maps

Obwohl Concept-Mapping bezogen auf das Sichtbarmachen von Wissen bei Lernenden eine sehr vielfältige und meist eindeutige Erhebungsmethode darstellt, können dennoch Probleme bei dessen Verwendung auftreten. Vor allem, wenn die Schülerinnen und Schüler noch unsicher im Erstellen von Concept-Maps sind da sie dies zum ersten Mal machen.

Novak und Cañas (2006) sehen Probleme auch bei Lernenden, welche bisher nur das *rote learning* durchgeführt haben. Dieses Auswendiglernen verlangt unseren Wissensstrukturen nur wenig ab und hilft nicht bei kreativem Denken oder dem Lösen von neuen Problemen (Novak & Cañas, 2006, S. 11).

Schülerinnen und Schüler könnten demnach überfordert sein, wenn sie nicht ihre gewohnten Lernwege nutzen können und sich mit dem Concept-Mapping als neuer Methode vertraut machen sollen.

3.6. Einsatzgebiete

Erwähnenswert ist hierbei vor allem, dass Concept-Maps sowohl ein Lernwerkzeug, als auch ein Evaluierungs-Werkzeug sind (Novak & Cañas, 2006, S. 5; Hough et al., 2007, S.23 und S.29). Dadurch können sie sowohl den Lernenden, als auch den Lehrenden dienen.

Als Lernwerkzeug für Schülerinnen und Schüler eignen sich die Maps vor allem gut zur graphischen Darstellung und Verknüpfung von verschiedenen Sachverhalten (Novak, 2005, S. 37).

Als Evaluierungswerkzeug eignen sie sich vor allem deshalb gut, da durch sie leicht zwischen gültigen und ungültigen Statements unterschieden werden kann (Novak & Cañas, 2006, S. 5). Dies spiegelt auch die Auswahl von dieser Methode für die Untersuchung der hier dargestellten Einheit zum Forschenden Lernen wider.

Als ebenfalls unlimitiert kann der thematische Einsatzbereich von Concept-Maps angesehen werden. Bei Hay beispielsweise wurden Concept-Maps für eine Studie mit Doktoranden und Doktorandinnen verwendet, um den Einsatz von Interview-Techniken in der Bildungsforschung besser zu verstehen (Hay, 2007, S. 39f). Des Weiteren stellte Hay (2007) die genannte Methode als Organisationswerkzeug für die Reflexion von Unterricht und als Werkzeug für dessen Vorbereitung dar (Hay, 2007, S. 29).

3.7. Erwartungen an eine Concept-Map

Genauso unterschiedlich wie die Einsatzmöglichkeiten einer Concept-Map können auch die Erwartungen an eine solche sein.

Laut Hay (2007) sollen Auswertungen von Concept-Maps helfen, zwischen *deep learning*, *surface learning* and *non-learning* zu unterscheiden, da durch sie die Veränderungen beim Lernen gut nachvollziehbar sind (Hay, 2007, S. 39). Novak (2005) benutzte hingegen das Concept-Mapping als Tool, um das Verstehen von Konzepten bei Kindern besser darzustellen und somit vergleichbar zu machen.

Auch im Zuge dieser Arbeit wurden Concept-Maps als Erhebungsmethode gewählt, um Wissen vergleichbar zu machen. Dieses Wissen wurde zu zwei verschiedenen Zeitpunkten dokumentiert: vor und nach der Durchführung von Versuchen. Ähnlich wie bei Novak (2005) wurden Concept-Maps eingesetzt, um Schritte der Konzeptentwicklung verschiedener Schülerinnen und Schüler vergleichen zu können. Vergleichbar in diesem Fall soll vor allem bedeuten, dass die Concept-Maps der einzelnen Schülerinnen und Schüler untereinander vergleichbar sind, aber auch, dass die jeweilige Prä- und Post-Map eines jeden und einer jeden miteinander verglichen werden kann.

Das Hauptaugenmerk liegt in der vorliegenden Arbeit auf der angemessenen Kombination von einzelnen Begriffen zum Thema „Säuren und Basen“. Mithilfe des Vergleichs der Prä- und Post-Map lässt sich eine Veränderung der Tiefe des Verstehens von Konzepten und Zusammenhängen vor und nach der Durchführung der Sequenz feststellen und vergleichen (Hough et al., 2007, S 24).

4. Auswertung von Concept-Maps

Nicht nur das Erstellen, sondern auch das Reflektieren und Diskutieren von Prä- und Post-Maps stellt ein wertvolles Lernerlebnis für Lehrerinnen und Lehrer dar (Hough et al., 2007, S. 27). Es wird somit sichtbar, welche Fortschritte die Schülerinnen und Schüler gemacht haben und ob das Lernziel der Klasse erreicht wurde. Damit Maps miteinander vergleichbar sind, empfiehlt es sich einerseits ein Zeitlimit beim Erstellen einzuhalten (Hough et al., 2007, S. 29), andererseits kann man das Mapping selbst auf ein geschlossenes System beschränken, in dem Begriffe für den Mapper und die Mapperin vorgegeben werden. Maps ohne eine vorgegebene Liste mit Konzepten und Verknüpfungswörtern sind schwieriger quantitativ auszuwerten (Greene et al., 2013, S. 290). Die so gestalteten Concept-Maps können, aber müssen nicht, mit einer *Criterion-Map* verglichen werden, mit einer „Profiversion“, welche alle möglichen Begriffe samt ihren Verlinkungen miteinbeschließt und im Vorhinein vom Lehrer oder der Lehrerin gestaltet wurde (Greene et al., 2013, S.290).

Rückblickend auf die zuvor beschriebene Theorie sei nochmals erwähnt, dass grundlegende Methoden der Auswertung von Concept-Maps vor allem auf Novak & Gowin (1984) sowie auf Morine-Dershimer (1993) zurückgehen. Alle arbeiteten sowohl mit einer numerischen, als auch mit einer kontextuellen Analyse (Hough et al., 2007, S. 30). Es lässt sich somit zwischen einer quantitativen und einer qualitativen Auswertung unterscheiden. Um die besten Schlüsse aus einer Concept-Map zu ziehen, sollten immer beide Analysemethoden miteinbezogen werden.

Die quantitative Methode besteht vor allem im Abzählen von Charakteristiken der Prä- und Post-Map und aus der Kombination dieser Charakteristiken (Greene et al., 2013, S. 298f). Kenntnisse der Statistik sind hierzu eine wesentliche Voraussetzung. Vergleicht man – sowie auch in dieser Arbeit dargestellt – Maps eines bzw. einer Lernenden, welche zu verschiedenen Zeitpunkten erstellt wurden, miteinander, so lässt sich anhand der statistischen Auswertung erkennen, wie hoch die jeweilige Anzahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ist, deren Ergebnisse sich verbessert und deren Ergebnisse sich verschlechtert haben (Hough et al., 2007, S.34).

Die qualitative Analyse hingegen kann durch einfachere Bewertungskriterien, welche sich lediglich auf die Gestalt der Map beziehen (Kinchin, Hay & Adams, 2000), bis hin zu ganzheitlichen Methoden, wie beispielsweise der Zuordnung eines Wertes aus einem holistischen Punktesystem (Besterfield-Sacre, Gerchak, Lyons, Shuman & Wolfe, 2004), erfolgen. Das Ziel der qualitativen Analyse ist es zu zeigen, ob beinhaltete Concepts angemessen miteinander verknüpft wurden (Greene et al., 2013, S. 289). Die Auswertung von

Concept-Maps soll hier vor allem helfen, zwischen „tiefem“ Lernen, „oberflächlichen“ Lernen und keinem Lernen zu unterscheiden, da durch Concept-Maps die Veränderungen der Lernergebnisse gut nachvollziehbar sind (Hay, 2007, S. 39).

Bevor jedoch noch genauer auf die Interpretation von Concept-Maps eingegangen wird, soll zunächst ein Überblick über die ausgewerteten Parameter erfolgen. Der Übersichtlichkeit halber wurden diese bereits in quantitative und qualitative Auswertungskriterien (Parameter) getrennt.

4.1. Quantitative Parameter

Im Folgenden wird vor allem auf die Bezeichnungen von Sarah Hough et al. und Barbara A. Greene et al. näher eingegangen, anhand derer die in dieser Arbeit dargestellten Concept-Maps ausgewertet wurden. Es wurde dabei jeweils auf die für diese Arbeit passendere Begriffserklärung zurückgegriffen und soweit adäquat und möglich auch mit Anmerkungen des Concept-Maps-Entwicklers Josep D. Novak versehen.

Alle beschriebenen Parameter werden anhand der folgenden Map (Abbildung 3) erklärt.

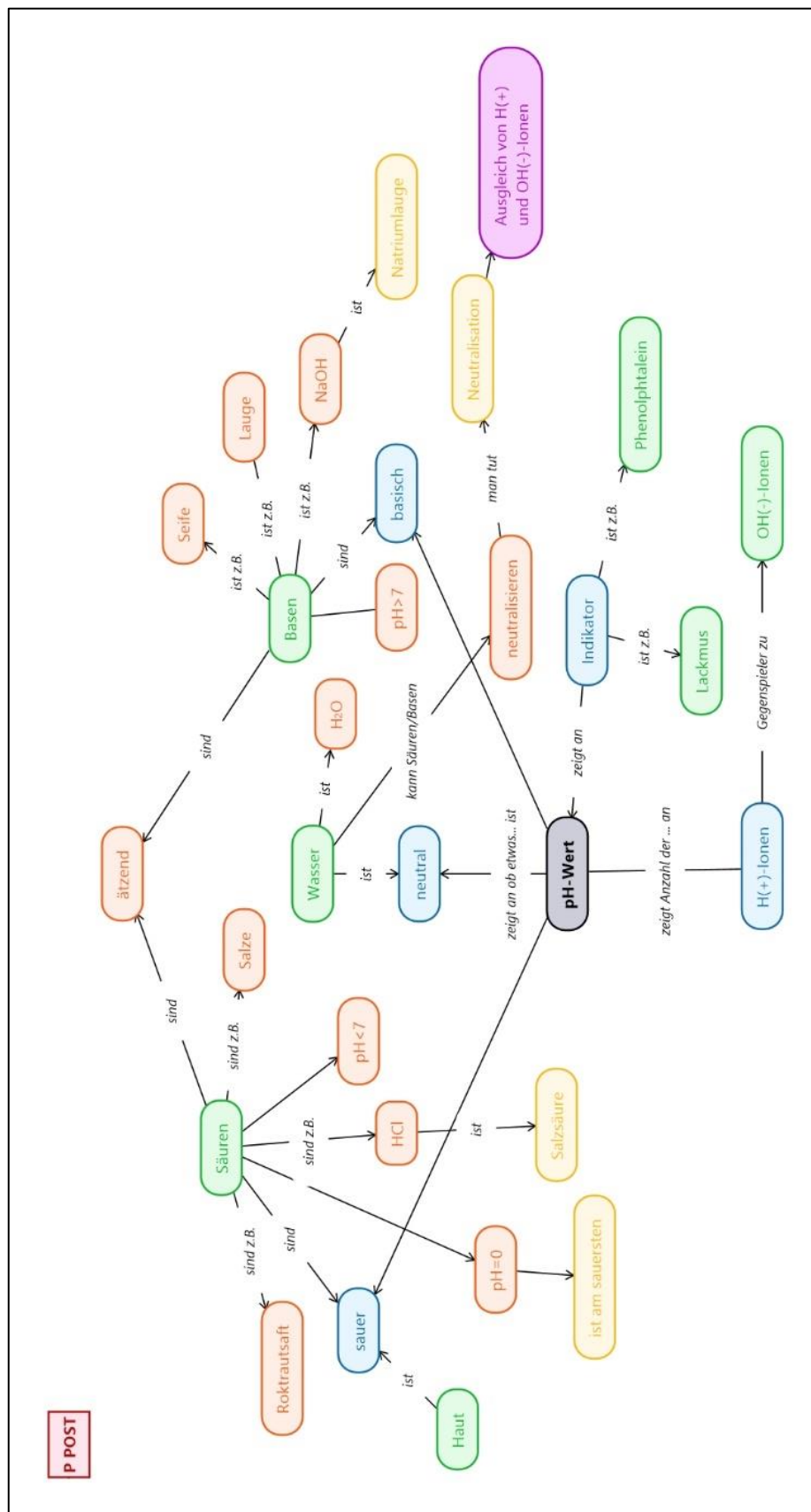


Abbildung 3: Concept-Map der Schülerin/des Schülers P

4.1.1. Key Concept

Laut Hough et al. (2007) beschreibt das Key Concept das verwendete Hauptthema, welches üblicherweise zentral in der jeweiligen Concept-Map dargestellt wird. Von diesem Thema gehen alle weiteren Concepts aus. Bei den vorliegenden Concept-Maps wurde es den Schülerinnen und Schülern freigestellt, welchen Begriff sie als Key Concept verwenden. Somit kann auch individuell darauf geschlossen werden, welcher Begriff für sie der jeweils wichtigste ist (Greene et al., 2013, S. 291).

Alle diesem zentralen Konzept untergeordneten Begriffe werden demnach als Concepts bezeichnet und werden im Zuge dieser Arbeit auch mit den deutschen Wörtern „Schlüsselbegriffe“ bzw. „Konzepte“ synonym gesetzt.

Im Falle der oben gezeigten Map des Schülers/der Schülerin P handelt es sich bei dem zentralen Konzept um „pH-Wert“. Als Erkennungsmerkmal wurde dieser Parameter grau unterlegt und die Schriftart fett hervorgehoben.

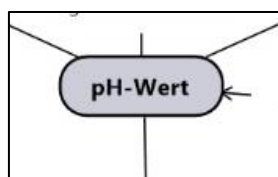


Abbildung 4: Ausschnitt des Key Concept aus der Map PPost

4.1.2. Concept Number

Darunter versteht sich die Anzahl aller Concepts, also aller Schlüsselbegriffe bzw. Konzepte, welche auf verschiedenen Levels dem zentralen Konzept untergeordnet wurden. Der Level selbst gibt an, wie weit ein Begriff vom Hauptthema entfernt ist (Greene, et al. S. 2013, 289, Hough et al. 2007, S. 30). Alle Begriffe, die direkt mit diesem in Verbindung gesetzt wurden, werden dem Level 1 zugeschrieben. Dementsprechend werden alle Concepts, welche über jeweils ein weiteres Concept mit dem zentralen Begriff verbunden wurden, dem Level 2 zugeschrieben. Jene auf Level 3 wurden durch jeweils zwei vorhergehende Begriffe mit dem Hauptthema verbunden, usw.

Bei der Auswertung der Maps wurden Concepts der unterschiedlichen Level gemäß den folgenden Farben eingefärbt: Level 1 – blau, Level 2 – grün, Level 3 – rot, Level 4 – gelb, Level 5 – violett, Level 6 – türkis und Level 7 – dunkelrot. Bei der hier dargestellten Post-Map des Schülers bzw. der Schülerin P werden die Level wie folgt aufgeschlüsselt:

- Level 1 (alle blau eingefärbten Concepts): „sauer“, „neutral“, „ $H(+)^5$ -Ionen“, „Indikator“ und „basisch“. In Summe ergibt dies fünf Schlüsselbegriffe auf diesem Level.
- Level 2 (alle grün eingefärbten Concepts): „Säuren“, „Wasser“, „Basen“, „Phenolphthalein“, „Lackmus“, „Haut“ und „ $OH(-)$ -Ionen“. In Summe ergibt dies sieben Schlüsselbegriffe auf diesem Level.
- Level 3 (alle rot eingefärbten Concepts): „Rotkrautsaft“, „pH = 0“, „HCl“, „pH < 7“, „pH > 7“, „Salze“, „ätzend“, „ H_2O “, „Seife“, „Lauge“, „NaOH“ und „neutralisieren“. In Summe ergibt dies zwölf Schlüsselbegriffe auf diesem Level.
- Level 4 (alle gelb eingefärbten Concepts): „ist am sauersten“, „Salzsäure“, „Neutralisation“ und „Natriumlauge“. In Summe ergibt dies vier Schlüsselbegriffe auf diesem Level.
- Level 5 (das violett eingefärbte Concept): „Ausgleich von $H(+)$ und $OH(-)$ -Ionen“. Es gibt somit nur einen Schlüsselbegriff auf diesem Level.

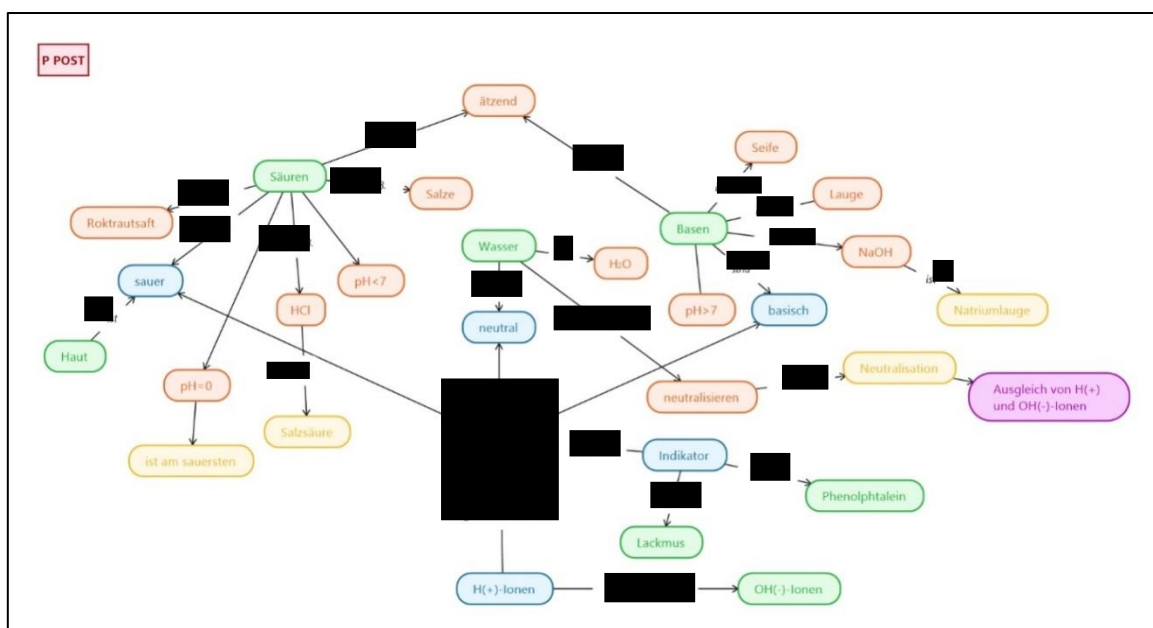


Abbildung 5: Darstellung der Schlüsselbegriffe der Map PPost. Alle nicht zu den Concepts gehörenden Begriffe wurden geschwärzt.

Die Concept Number ergibt sich durch Addition der Concepts aller Level und beträgt in diesem Fall 29.

5 Die Darstellung des hochgestellten Minus war im ausgewählten Programm (Mindjet MindManager2019) nicht möglich. Sofern es sich um einen Exponenten handelt wird dieser deshalb in Klammern dargestellt.

Um die Ergebnisvielfalt bei der Verknüpfung der Concepts miteinander von vornherein reduziert zu halten, wird von manchen Autoren und Autorinnen empfohlen die Concept Number zu begrenzen und/oder genau festzulegen (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58). Bei den im Zuge dieser Arbeit erstellten Concept-Maps wurden zwar einige Begriffe vorgegeben, es wurde jedoch den Lernenden freigestellt, ob sie nur diese verwenden oder eigene hinzufügen. Die meisten Schülerinnen und Schüler haben sich allerdings auf die vorgegebenen Begriffe beschränkt und diese nicht selbstständig erweitert.

4.1.3. Width

Als *Width* wurde die Anzahl der Begriffe des Levels, welcher am häufigsten vorkommt, definiert (Greene et al., 2013, S. 289).

Im Falle der Concept-Map PPost ergibt sich eine Width von zwölf, dargestellt durch die Anzahl aller Schlüsselwörter welche sich auf dem umfangreichsten Level – hier Level 3 – befinden. In der oben gezeigten Grafik sind dies alle rot unterlegten Concepts.

4.1.4. Depth

Der Parameter gibt Auskunft über die Gesamtanzahl an Level (Hough et al., 2007, S. 31). In anderen Worten sucht man nach der längsten zusammenhängenden Kette an Concepts auf verschiedenen Level. Im Gegensatz zur Width wird dabei nicht dargestellt, wie viele Schlüsselbegriffe sich auf dem jeweiligen Level befinden.

Bei der Post-Map des Schülers bzw. der Schülerin P ergibt sich eine Tiefe von „fünf“. Diese setzt sich zusammen aus den Begriffen: neutral – Wasser – neutralisieren – Neutralisation – Ausgleich von $H(+)$ und $OH(-)$ -Ionen (Abbildung 6).

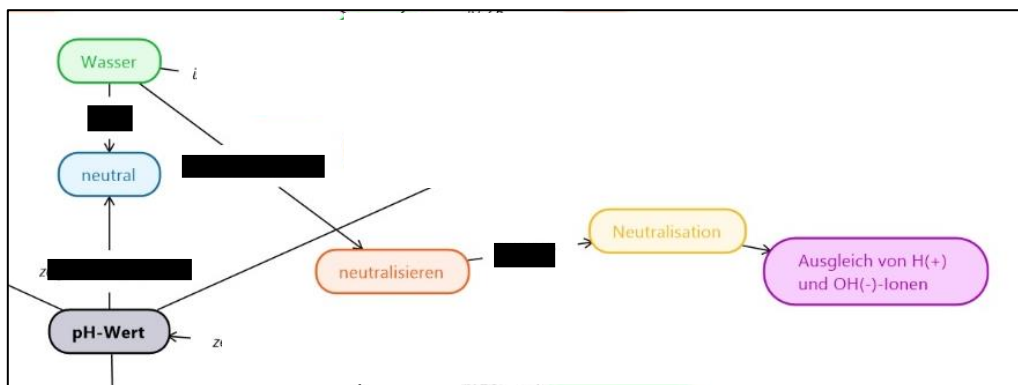


Abbildung 6: Ausschnitt der Depth anhand der Map PPost.

4.1.5. Hierarchical Structure Score (HSS)

Durch die Anordnung von Begriffen innerhalb der Map (ausgehend vom zentralen Thema) werden durch die Schülerinnen und Schüler Hierarchien geschaffen. Diese werden durch die Summe der zuvor erwähnten Begriffe Width und Depth gebildet und dienen zur Erfassung der Komplexität der Struktur der dargestellten Concept-Map (Hough et al., 2007, S. 30).

Für das Beispiel PPost ergibt sich ein HSS von 17, berechnet aus der Summe der Width und Depth: $12+5$.

4.1.6. Chunks

Hierunter versteht man alle Begriffe, denen mindestens zwei weitere Begriffe direkt untergeordnet werden (Greene et al., 2013, S. 289). Es handelt sich somit um Schlüsselwörter, von denen Verzweigungen ausgehen. Jeder *Chunk* unterteilt die Concept-Map in eine Domäne.

In der besprochenen Map des Schülers bzw. der Schülerin P befinden sich fünf Chunks (Abbildung 7):

- „sauer“: mit den untergeordneten Schlüsselbegriffen „Haut“ und „Säuren“
- „Indikator“: mit den untergeordneten Schlüsselbegriffen „Phenolphthalein“ und „Lackmus“
- „Säuren“: mit den untergeordneten Schlüsselbegriffen „Rotkrautsaft“, „Salze“, „ätzend“, „pH=0“, „HCl“ und „pH < 7“
- „Wasser“: mit den untergeordneten Schlüsselbegriffen „H₂O“ und „neutralisieren“
- „Basen“: mit den untergeordneten Schlüsselbegriffen „Seife“, „ätzend“, „Lauge“, „NaOH“ und „pH > 7“

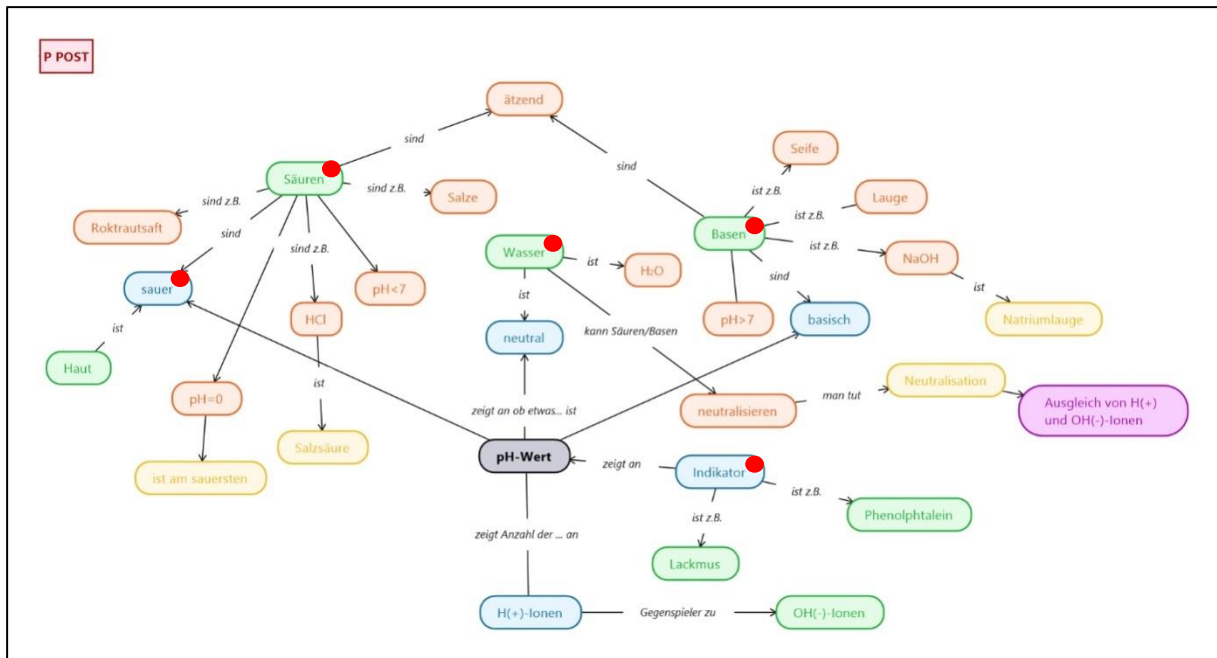


Abbildung 7: Darstellung der Chunks anhand der Map PPost. Alle Chunks wurden mit einem roten Punkt versehen.

4.1.7. Links Number

Die *Links Number* gibt die Anzahl aller Links (auch Verknüpfungslinien genannt) zwischen den Begriffen wieder. Als spezielle Unterkategorie verstehen sich laut Greene et al. die sogenannten *Propositions* (Greene et al., 2013, S. 289), welche zusätzlich eine Beschriftung (*Node*) enthalten, sodass sie ein bedeutungsvolles Statement abgeben. Manchmal werden Propositions auch als Semantische Einheiten (*Semantive Units*) oder Verknüpfungswörter bezeichnet (Novak & Cañas, 2006, S. 1). Bei diesen wird nach Greene et al. zusätzlich mit Hilfe der Links gemäß der Formel $\left(\frac{\text{Links}}{\text{Concept Number}} + \text{Key Concept}\right) * \text{Concept Number}$ die Dichte (Density Score) der jeweiligen Concept-Map angegeben (Greene et al., 2013, S. 289).

In der Map PPost ergeben sich 30 Links, welche im Folgenden durch Nummerierung dargestellt werden. Nur sechs dieser Links enthalten keine Beschriftung, wodurch $(30 - 6 =) 24$ der dargestellten Verbindungseinheiten zusätzlich als Propositions bezeichnet werden können.

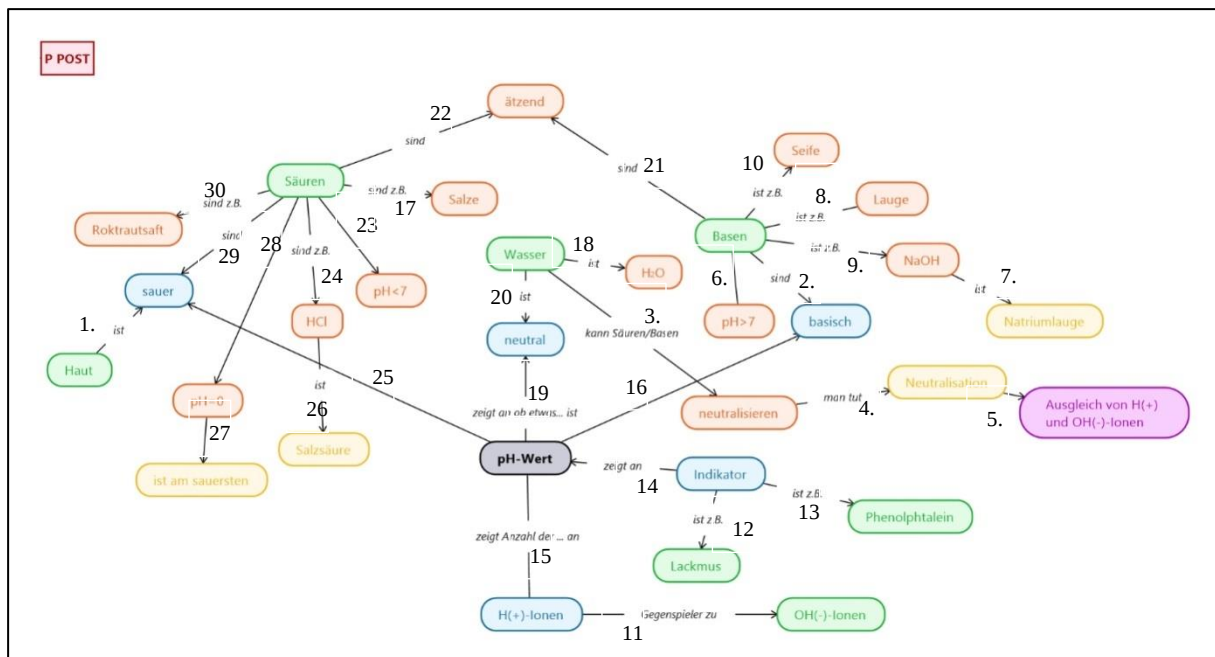


Abbildung 8: Darstellung der Links der Concept-Map PPost.

Andere Autoren sind der Meinung, dass sich die Linien nicht mehr als einmal überkreuzen dürfen, da ansonsten die Übersichtlichkeit gestört wird und dass zur Bewahrung der Übersichtlichkeit zudem die Propositions gänzlich weggelassen werden sollen (Freiman & Schlieker, 2001, S. 58). Auf diese Anregungen wurde jedoch bei der Auswertung der in dieser Arbeit behandelten Concept-Maps verzichtet, da das Weglassen von Propositions gravierende Einschnitte in die Qualität der Maps haben könnte und nicht den Sinn und Zweck der anderen hier vorgestellten Begriffe erfüllen würde.

4.1.8. Crosslinks

Des Weiteren besteht eine Concept-Map aus *Crosslinks*, welche die Beziehung zwischen zwei Konzepten in verschiedenen Segmenten bzw. Domänen der Map darstellt. Crosslinks zeigen uns, wie ein Konzept in der einen Domäne mit einem Konzept in einer anderen Domäne verknüpft werden kann (Novak & Cañas, 2006, S. 2). In anderen Worten sind Crosslinks Verbindungen zwischen Chunks oder ihnen untergeordneten Begriffen.

Wie zuvor erklärt unterteilen Chunks die Concept-Map in unterschiedliche Domänen. Im Beispiel der Map PPost lauten zwei dieser Domänen „Säuren“ und „Basen“. Da diese über das weitere Concept „ätzend“ miteinander verbunden werden, handelt es sich hierbei um einen Crosslink (Abbildung 9).

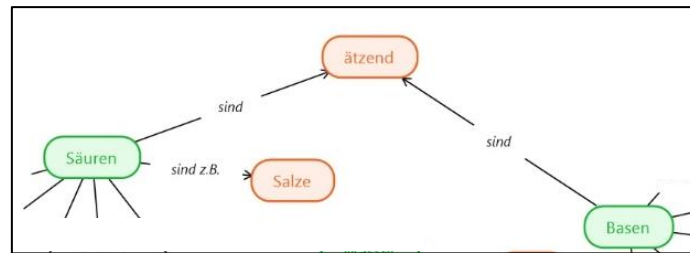


Abbildung 9: Ausschnitt des Crosslinks der Concept-Map PPost

4.2. Qualitative Parameter

Die im Folgenden dargestellten qualitativen Begriffe wurden vor allem selbst entwickelt, da sie meiner Meinung nach nicht ausreichend in der Literatur beschrieben wurden. Während Hough et al. auf qualitative Analysemethoden vollständig verzichten, kommt bei Greene et al. lediglich der Begriff des Proposition Scores vor. Besterfield-Sacre et al. (2004) stellen im Gegensatz hierzu zwar eine holistische Punkteskala dar anhand der die Qualität der Concept-Map ausgemacht werden kann, verzichten jedoch weitestgehend auf die Erklärung dieser Skala.

4.2.1. Fehlerhafte Links

Unter fehlerhaften Links versteht sich die Anzahl aller unangebrachten Verbindungen. Welche Verbindungen als unangebracht (im Folgenden auch unangemessen bzw. unpassend) gewertet wurden, wird in Kapitel 5.4. genauer dargestellt.

In der Concept-Map PPost wurden folgende Verknüpfungen (in der Grafik dargestellt als grüne Punkte) von Concepts miteinander als unangemessen gewertet:

- Wasser (kann Säuren/Basen) neutralisieren
- Säuren (sind) ätzend
- Basen (sind) ätzend
- Säuren (sind z. B.) Salze

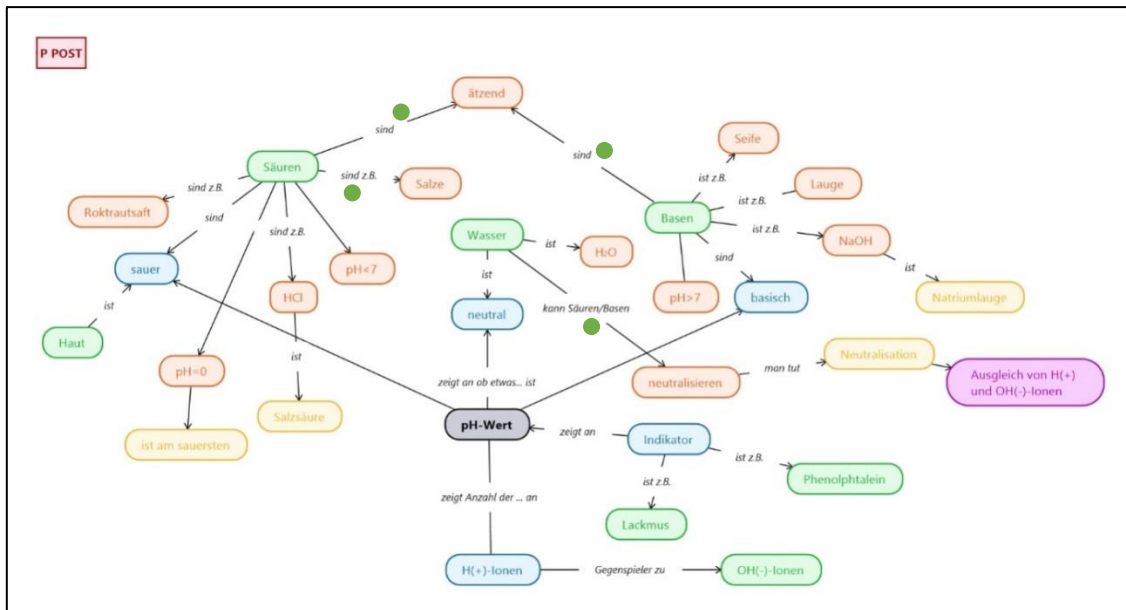


Abbildung 10: Darstellung der Concept Map PPost. Fehlerhafte Links wurden durch grüne Punkte markiert.

4.2.2. Anteil Fehler in Prozent

Der Anteil der Fehler in Prozent gibt an, wie viele der gesamt hergestellten Links fehlerhaft sind. Mathematisch gesehen wird der Anteil der fehlerhaften Links mit der Gesamtzahl der Links in ein Verhältnis gesetzt.

Für die Map PPost ergaben sich für eine Gesamtanzahl von 30 Verknüpfungslinien, vier fehlerhafte. Der Anteil der Fehler in Prozent berechnet sich demnach wie folgt:

$$\text{Anteil Fehler in \%} = \frac{\text{fehlerhafte Links}}{\text{Anzahl aller Verknüpfungslinien}} = \frac{4}{30} = 13,3\%$$

4.2.3. Richtigkeitswert

Der Begriff Richtigkeitswert stellt vor allem eine Ausweitung des von Greene et al. verwendeten Begriffes Proposition Score dar. Für die qualitative Auswertung wurde von dem Autor und den Autorinnen jeder Concept-Map ein Wert zwischen 0 und 2 zugeordnet (Greene et al., 2013, S. 292). Die Werte unterscheiden zwischen der Korrektheit der Propositions, der steigenden Anzahl und der Qualität der Propositions und der Integration neuen Wissens in bereits Bekanntes. 0 bedeutet keinen Wissenszuwachs, 1 bedeutet einen moderaten Wissenszuwachs und 2 bedeutet einen großen Wissenszuwachs (Greene et al., 2013, S. 293). Bei der folgenden Analyse wurde der Wert 1 weiter unterteilt in 1.1 und 1.2. und anschließend nur noch in 1 und 2. Der vorherige Wert 2 wurde zum Wert 3. Zudem wurde im Gegensatz zu

Greene et al. nur mit der Genauigkeit, oder in anderen Worten dem Wahrheitsgehalt, der Propositions gearbeitet.

Im Zuge dieser Arbeit ergibt sich der Richtigkeitswert aus dem Anteil der Fehler in Prozent. Je höher der berechnete Wert des prozentuellen Fehleranteils ist, umso angemessener ist die Concept-Map (Greene et al., 2013, S. 291). Dementsprechend wurde der Richtigkeitswert 0 für einen Fehleranteil von 100%-54,5%, der Wert 1.1 für einen Fehleranteil von 54,4%-34,5%, der Wert 1.2 für einen Fehleranteil von 34,4%-14,5% und der Richtigkeitswert 2 für einen Fehleranteil von weniger als 14,4% vergeben. Ziel dieser Zuordnung war vor allem die leichtere Vergleichbarkeit der Concept-Maps miteinander. Durch die Zahl kann schnell festgestellt werden, welche Genauigkeit (Angemessenheit der Verknüpfung der Konzepte) die jeweilige Concept-Map aufweist. Aus der Differenz des Richtigkeitswerts zwischen Prä-Map und Post-Map lässt sich ablesen, inwieweit sich das Wissen der Schülerinnen und Schüler geändert hat. Um eine ganzzahlige Differenz anzugeben, wurden den beschriebenen Werten 1.1 und 1.2 später die Zahlen 1 und 2 zugeordnet. Der Richtigkeitswert für einen Fehleranteil unter 14,4% wurde mit der Zahl 3 bezeichnet.

Die soeben beschriebenen Zusammenhänge werden in Tabelle 2 dargestellt.

Fehleranteil in Prozent	Richtigkeitswert	
	Theorie (Greene et al., 2013)	neue Zuordnung
100%-54,5%	0	0
54,4%-35,5%	1.1.	1
34,4%-14,5%	1.2.	2
< 14,4%	2	3

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen Richtigkeitswert und Fehleranteil

Für den Anteil der Fehler in Prozent ergab sich bei der Map PPost ein Wert von 13,3%. Dies entspricht einem Richtigkeitswert von 2 (nach Greene et al., 2013) bzw. von 3 (gemäß der neuen Zuordnung). In der Auswertung werden die Richtigkeitswerte nur noch anhand der „neuen Zuordnung“ beschrieben.

II. Empirischer Teil

5. Forschungsdesign

Im Zentrum dieser Arbeit steht die Vernetzung von fachlichen Konzepten von Schülerinnen und Schülern während einer Einheit Forschenden Lernens. Um diese qualitativ und quantitativ zu erfassen wurden Concept-Maps als Erhebungsmethode eingesetzt. Nach einer kurzen Einführung in das Erstellen von Concept-Maps wurde das Vorwissen der Lernenden über „Säuren und Basen“ durch Anfertigung einer Prä-Map erhoben. Dabei handelte es sich um Schülerinnen und Schüler zwischen 15 und 17 Jahren an einer Wiener BHS⁶ und einer niederösterreichischen AHS⁷. Zur Sicherung der Anonymität und um trotzdem einen Vergleich zwischen der einzelnen Prä- und Post-Maps anstellen zu können, wurden den Lernenden der BHS Zahlen und den Lernenden der AHS Nummern zugeordnet. Im Anschluss an die Einführung in das Concept-Mapping fanden ein circa zehnminütiger theoretischer Input und Versuche zum Thema „Säuren und Basen“ statt⁸. Die Versuche wurden auf Level 0, Level 1 und Level 2 gestaltet. Nach der Durchführung der Versuche wurden die Schülerinnen und Schüler wiederum gebeten, eine Concept-Map anzufertigen (Post-Map).

Anschließend fanden stichprobenhafte Interviews statt. Die hierfür gewählten Lernenden gliederten sich zu ca. 50 Prozent in Schülerinnen und Schüler mit logisch strukturierten und gut nachvollziehbaren und zu 50 Prozent in Schülerinnen und Schüler mit schlecht nachvollziehbaren bzw. nicht aussagekräftigen Concept-Maps.

Die Idee zur Durchführung dieser Interviews ging von *open ended reflections* von Hough et al. aus. Bei diesen wurden von allen Lernenden im Anschluss an das Concept-Mapping Texte geschrieben, welche Verständnisfragen beantworten sollten und so zu einem genaueren Vergleich zwischen Prä- und Post-Map führen sollten.

Dabei war vor allem wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler Concepts, welche auf beiden Maps vorkamen, näher erörterten. Zudem sollte ein Schlüsselbegriff erklärt werden, welcher

6 **Berufsbildene Höhere Schule:** österreichische Schulform der Sekundarstufe II, welche neben einer fundierten Allgemeinbildung auch eine berufliche Ausbildung vermittelt und nach fünf Jahren mit der Matura (Reifeprüfung) abgeschlossen werden kann.

7 **Allgemeinbildende Höhere Schule:** österreichische Schulform welche sich meist in vier Schulstufen der Sekundarstufe I und vier Schulstufen der Sekundarstufe II gliedert. Die Sekundarstufe II kann mit der Matura (Reifeprüfung) abgeschlossen werden. Es gibt auch Formen ohne Sekundarstufe I. Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Sekundarstufe II.

8 siehe Kapitel 5.4.1. bzw. Anhang A.1 Versuchsanleitungen

nur auf der zweiten Map und nicht auf der ersten zu finden ist. Die so entstandenen Texte wurden anschließend von Hough et al. analysiert und mit den abgeleiteten Aussagen aus den Concept-Maps verglichen (Hough et al., 2007, S. 29f).

5.1. Forschungsfrage

Ziel der Forschung war es herauszufinden, ob diese Einheit von Forschendem Lernen die Konstruktion fachlicher Konzepte positiv beeinflusst. Wie im Theorieteil dieser Arbeit erwähnt wurde, gibt es bereits zahlreiche Studien, welche sich mit Forschendem Lernen in unterschiedlichen Settings beschäftigen. Studien über den tatsächlichen Lernerfolg auf inhaltlicher Ebene im Rahmen von Forschendem Lernen zu diesem konkreten chemischen Fachgebiet gibt es in Österreich bisher jedoch kaum, weshalb hierauf der Schwerpunkt dieser Arbeit gelegt wurde. Die Forschungsfrage lautet:

Wie wirkt sich Forschendes Lernen im Kontext des Themas „Säuren und Basen“ auf das konzeptuelle Verstehen von Schülerinnen und Schülern der neunten und zehnten Schulstufe aus?

Mithilfe dieser Arbeit sollen auch die folgenden Unterfragen beantwortet werden:

- *Inwieweit bewirkt eine Einführung in das Forschende Lernen eine fachlich-inhaltliche Konzepterweiterung hinsichtlich des Kapitels „Säuren und Basen“?*
- *Inwiefern eignet sich Concept-Mapping zur Erhebung dieser Konzepterweiterung?*

5.2. Forschungsfeld

Die Einheit zum Forschenden Lernen wurde in zwei Schulen durchgeführt. Beide Erhebungen fanden im Februar 2015 statt.

Bei der ersten Schule handelte es sich um ein ländliches Gymnasium (AHS) in Niederösterreich. Die Einheit wurde in einem Freigegenstand für die neunte und zehnte Schulstufe durchgeführt. Die Teilnahme der insgesamt 18 Schülerinnen und Schüler erfolgte auf freiwilliger Basis. Alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen gaben an, zwischen 15 und 16 Jahren alt zu sein. Die Lernenden hatten zu diesem Zeitpunkt noch keinen Chemieunterricht in der Oberstufe erfahren. Lediglich zwei Jahre zuvor in der 4. Klasse Unterstufe (achten Schulstufe) wurden ihnen die Grundlagen der Chemie nähergebracht. Bei der zweiten Schule handelte es sich um eine Klasse an einer Wiener BHS mit 27 Schülern und Schülerinnen. Die

Durchführung des Forschenden Lernens fand während des regulären Naturwissenschaftsunterrichts in der neunten Schulstufe statt. Die Lernenden waren zwischen 15 und 17 Jahre alt.

Beide Einheiten wurden von derselben Lehrperson durchgeführt. Auch der Ablauf war in beiden Schulen derselbe. Zudem waren stets die Autorin dieser Arbeit sowie eine zweite Studentin als Beobachterinnen anwesend.

Wie bereits im Theorieteil erwähnt, sollten Anleitungen zum Forschenden Lernen stets auf die jeweilige Klasse abgestimmt werden. In diesem Fall hatten beide Klassen folgende Ausgangsvoraussetzungen: Erster Kontakt mit dem Forschenden Lernen und dem Thema „Säuren und Basen“ in der Sekundarstufe II. Auf eine genauere Analyse der individuellen Ausgangsvoraussetzungen wurde verzichtet, da die Lehrperson beide Klassen und deren Lernvoraussetzungen kannte und die Versuchsanleitungen als angemessen ansah. Dementsprechend bekamen beide Klassen dieselben Versuchsanleitungen.

5.3. Vorbereitung auf die Unterrichtseinheit

Bevor die Einheiten zum IBL in den Schulen stattfinden konnten, wurden meine Studienkollegin und ich von der Lehrperson mit den geplanten Versuchen vertraut gemacht. Im Anschluss beschäftigte ich mich vor allem mit der Auswahl geeigneter Begriffe, welche als beispielhafte Concepts (Schlüsselwörter, Konzepte) für die Concept-Map dienen konnten.

Hierzu wurden in verschiedenen Settings (unterschiedliche Orte und Personengruppen) Daten erhoben. Die Teilnahme an der Befragung war freiwillig. Es wurden an verschiedenen Orten Zettel mit der Bitte, „alles was einem zum Thema „Säuren und Basen“ einfällt“ zu notieren, ausgehängt. Diese Orte waren: ein Wohnheim für Studierende, ein Konferenzzimmer einer Berufsbildenden Höheren Schule und zwei Klassenräume derselben Schule. Zudem wurden Freunde, Bekannte und Verwandte von mir persönlich zu dem Thema befragt bzw. per Facebook und E-Mail aufgerufen, an der Erhebung teilzunehmen. Anschließend wurden die so gesammelten Daten mithilfe von Fachkollegen und Fachkolleginnen im DiplomandInnen- und DissertantInnen-Seminar des AECCs⁹ für Chemie analysiert und auf ihre Eignung als Schlüsselbegriffe überprüft. Die durch dieses Vorgehen ausgewählten Concepts basierten vor

⁹ Austrian Educational Competence Centre: Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie an der Universität Wien

allem auf der Unterrichtseinheit mitsamt den durchgeführten Versuchen (siehe 5.4.1.) Gemeinsam mit von mir selbst gewählten Concepts wurden diese zu Beginn des Aufgabenblattes zur Concept-Map angeführt und dienten als Vorschläge für Lernenden bei der Erstellung der Maps.

Einige Begriffe gingen jedoch über den Inhalt der Einheit hinaus. Diese Begriffe konnten aber von den Schülerinnen und Schülern trotzdem in die Concept-Map integriert werden.

Insgesamt wurden die folgenden 22 Begriffe aufgelistet:

- *ätzend*
- *basisch*
- *H⁺-Ionen*
- *H₂O*
- *Haut*
- *HCl*
- *Indikator*
- *Lackmus*
- *Lauge*
- *NaOH*
- *neutral*
- *Neutralisation*
- *OH⁻-Ionen*
- *pH < 7*
- *pH = 0*
- *pH > 7*
- *Phenolphthalein*
- *pH-Wert*
- *Rotkrautsaft*
- *Salze*
- *sauer*
- *Seife*

Abschließend sei an dieser Stelle nochmals betont, dass es den Lernenden freigestellt wurde, ob sie alle, keine oder nur manche dieser Begriffe in ihre Map einbauten. Zudem durften auch nichtaufgelistete Konzepte von den Schülerinnen und Schülern miteinbezogen werden.

Die Vorgabe von Begriffen fand vor allem statt, um später eine bessere Vergleichbarkeit gewährleisten zu können. Welchen der Begriffe sie als Key Concept verwenden und welche sie als Schlüsselwörter diesem unterordnen, blieb den Lernenden ebenfalls freigestellt. Dies entspricht auch der Idee von Novak und Cañas (2006).

5.4. Aufbau der Unterrichtseinheit

Die Durchführung fand in beiden Schulen an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen statt. Am ersten Tag wurden die Concept-Maps erstellt und die Versuche durchgeführt, am zweiten wurden mit ausgewählten Schülern und Schülerinnen Interviews geführt.

Zu Beginn der Stunde wurde den Schülerinnen und Schülern die Erstellung einer Concept-Map nähergebracht. Hierbei wurde ihnen von der Lehrperson ein Prototyp einer Map auf die Tafel gezeichnet. Gemeinsam mit den Lernenden wurden dann die Schlüsselwörter aussagekräftig angeordnet und anschließend mit Linien (Links) sinnvoll miteinander verbunden. Die Linien selbst wurden mit einer Erklärung beschriftet.

Anschließend wurde ihnen das Thema der Einheit – „Säuren und Basen“ – genannt. Noch vor dem theoretischen Input erhielten sie den Aufgabenzettel zur Erstellung ihrer ersten Concept-Map (siehe Anhang A2, S. 100). Im Folgenden wird dieser auch als Prä-Map bezeichnet. Als Hilfestellung wurden die oben erwähnten Concepts vorgegeben.

Nachdem die erste Concept-Map erstellt worden war, fand ein kurzer theoretischer Input zum Thema „Säuren und Basen“ statt. Hierbei wurde den Schülern und Schülerinnen vor allem die pH-Wert Skala nähergebracht. Andere Bereiche des Themas, wie beispielsweise die Funktion und Anwendung von Indikatoren oder Beispiele für saure und basische Lösungen, sollten durch die Schüler und Schülerinnen während der Durchführung der Versuche erarbeitet werden.

Die Versuche fanden direkt im Anschluss an die theoretischen Erklärungen statt. Hierfür wurden Kleingruppen von jeweils ca. drei Schülerinnen und Schülern gebildet. Das Thema Säure-Basen-Indikator wurde mit zwei Versuchen auf Level 0 und 1 eingeführt. Danach wurden zwei Aufgabenstellungen auf Level 2 gestellt. Es wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Level 0 - 1: Versuch zur Einführung in den Umgang mit Indikatoren, anhand des Beispiels „Lackmus“.
- Level 1: Versuch zum Umgang mit einem Universalindikator.
- Level 2: Farbstoffe auf ihre Fähigkeit als Indikator prüfen.

- Level 2: Forschungsaufgabe zum Thema Indikator („Farben mischen“).

Die genauen Versuchsanleitungen zu den Versuchen können dem Anhang A1 (S. 93) entnommen werden.

Im Anschluss an die Durchführung der Versuche wurden die Schülerinnen und Schüler zur Erstellung einer neuen Concept-Map aufgefordert. Dazu wurden ihnen die gleichen Begriffe vorgegeben. Wie auch bei der ersten Map wurde die Wahl des Key-Concepts den Lernenden überlassen. Die Auswertung der Concept-Maps erfolgte direkt im Anschluss, damit für den jeweils nächsten Tag geeignete Schülerinnen und Schüler für die Interviews ausgewählt werden konnten.

Am zweiten Tag fanden stichprobenartig Interviews statt. Diese dienten vor allem der Klärung offener Fragen bezüglich der Vernetzung der Konzepte, die bei der Auswertung der Concept-Maps aufgetreten waren. Für die Auswertung im Zuge dieser Arbeit erwiesen sich die Interviews, welche mit jenen Lernenden geführt wurden, die keine vergleichbare¹⁰ Prä- und Post-Map abgeliefert hatten, als hilfreich für die Bewertung eines vertieften Vernetzens der Konzepte. In Kapitel 6.2 dieser Arbeit soll nochmals genauer auf diese eingegangen werden.

5.4.1. Darstellung des Themas „Säuren und Basen“

Ziel der Inquiry-Einheit war, den Schülerinnen und Schülern Schritte des „Inquiry“ bewusst zu machen. Dabei wurde auf folgende drei Schritte fokussiert, die bei Inquiry-Level 1 und Inquiry-Level 2 von den Schülerinnen und Schülern übernommen werden:

- ausgehend von einer Fragestellung eine geeignete Untersuchungsmethode wählen und die Datenerhebung planen;
- erhobene Daten als Grundlage nutzen, um daraus mit logischen Folgerungen eine Antwort auf die Fragestellung konstruieren zu können;
- die gewählte Vorgehensweise bei der Datenerhebung sowie die aus den Daten abgeleiteten Schlüsse präsentieren und mit anderen Personen diskutieren.

Um sich diesem Ziel anzunähern, wurden am „Inquiry-Tag“ zwei Blöcke zu 45 und zu 90 Minuten durchgeführt. Im ersten Block wurden den Schülerinnen und Schülern Schritte der Erkenntnisgewinnung vorgestellt und ein einfacher Forschungszyklus besprochen. In der

¹⁰ zur Klärung des Begriffes „vergleichbar“ siehe Kapitel 6.1.1.

zweiten Einheit wurde das Thema „Säuren und Basen“ behandelt, indem die Aufgabenstellungen von Inquiry-Level 0 bis Inquiry-Level 2 von den Lernenden zu bearbeiten waren.

Fachlich-inhaltliche Ziele standen nicht im Fokus der Lehrperson (diese ist nicht identisch mit der Autorin). Da die Umsetzung von Forschendem Lernen aber jeweils an einem fachlichen Thema erfolgt, wird zwingend auf fachliche Konzepte zu diesem Thema zurückgegriffen. Vor der Einheit wurden die Schülerinnen und Schüler gebeten, eine Concept-Map mit vorgegebenen Begriffen zum Thema „Säuren und Basen“ zu entwerfen. Damit sollte der Lehrperson ein Einblick in das aus der Unterstufe mitgebrachte Vorwissen der einzelnen Schülerinnen und Schüler ermöglicht werden. Die Vorstellung des Concept-Mapping erfolgte mittels einer Concept-Map zu einem davor im Unterricht durchgenommenen Thema. Es wurde insbesondere auf den Unterschied zwischen einer Concept-Map und einer Mindmap und auf die Beschriftung der Verbindungslinien hingewiesen.

Auf Ersuchen der Autorin wurden die erstellten Prä-Maps von den Schülerinnen und Schülern mit einem Buchstaben oder einer Zahl versehen und es wurde am Ende der Einheit zu den Indikatoren nochmals eine Post-Map von den Schülerinnen und Schülern zum gleichen Thema erstellt.

Da die Lehrperson selbst keine fachlichen Ziele angegeben hat, wurden die möglichen fachlichen Erkenntnisse im Rahmen dieser Einheit aus den Arbeitsaufträgen und dem Input der Lehrperson zur pH-Skala abgeleitet. Die Arbeitsaufträge und die daraus rekonstruierbaren fachlichen Erkenntnisse werden nun einzeln vorgestellt.

Input zur pH-Skala

Als Input wurde von der Lehrkraft die pH-Wert-Skala eingeführt. Dazu wurde eine Skala von 0-14 auf die Tafel gezeichnet, es wurde der pH-Wert 7 herausgehoben und mit dem Wort „neutral“ benannt. Auf der Seite von 0-7 wurde der Begriff „sauer“ und von 7-14 der Begriff „basisch“ ergänzt. Einige Alltagsstoffe wurden zu den jeweiligen pH-Bereichen zugeordnet: Cola (3-4), Säuremantel der Haut (5,5), Wasser (7), Trinkwasser (7-8), Seifenlösung (ca. 11). Ganz außen (pH = 0-1 und pH = 13-14) stand das Wort „ätzend“ mit Rufzeichen und dem skizzierten Gefahrensymbol. Die Lehrkraft wies darauf hin, dass stark basische Lösungen/Stoffe mindestens ebenso gefährlich für Haut und Augen sind wie stark saure

Lösungen/Stoffe. Dies wurde mit dem dringenden Appell versehen, beim Arbeiten mit Salzsäure und Natronlauge unbedingt eine Schutzbrille zu tragen.

Zusätzlich ergänzte die Lehrperson mit einigen erklärenden Worten auf der Seite pH-Wert < 7 den Hinweis: „ H^+ -Ionenkonzentration hoch“, „ OH^- -Ionenkonzentration niedrig“. Auf der Seite pH-Wert > 7 wurde ergänzt: „ H^+ -Ionenkonzentration niedrig“, „ OH^- -Ionenkonzentration hoch“.

Die Lehrperson erläuterte den Begriff der Konzentration in umgangssprachlichen Worten mit „viel und wenig H^+ -Ionen“.

Es wurde nicht auf die Bildung von H_3O^+ -Ionen eingegangen.

Der Ausdruck „Lauge“ wurde von der Lehrperson als alternative Bezeichnung für basische Lösungen genannt.

Im Wesentlichen wurde auf die Säure-Basentheorie von Arrhenius zurückgegriffen, möglicherweise, weil diese sich näher an den Stoffen befindet, mit denen die Schülerinnen und Schüler anschließend in den Versuchen arbeiten sollten. Bei den sauren Lösungen wurde von einer Zunahme der H^+ -Ionen gesprochen, bei den basischen Lösungen von einer Zunahme von OH^- -Ionen. Da die Definition des pH-Werts über die Wasserstoffionenkonzentration erfolgte, wurde allerdings auch bruchstückhaft mit der Säure-Basentheorie nach Brönsted gearbeitet. Dies bedeutet, dass im Bereich der basischen Lösungen von einer Abnahme der H^+ -Ionen in der wässrigen Lösung gesprochen wurde, mit dem Hinweis, dass diese von den zugegebenen Basen aufgenommen werden.

In den Aufgabenstellungen gab es die Begriffe „saure und basische Lösungen“, „Indikatoren“ und „pH-Wert“. Auch diese Begriffe wurden vor allem auf der Phänomenebene eingeführt und im Rahmen der Versuche verwendet. Ein genauerer Blick auf die einzelnen Arbeitsaufgaben und die fachlich-inhaltlichen Lerngelegenheiten im Rahmen dieser Aufgabenstellungen wird im Folgenden gegeben.

Arbeitsauftrag 1, Versuch auf Level 0 (siehe A.1 Versuchsanleitungen)

Eine Definition des Begriffs „Indikator“ wurde in der Anleitung vorgegeben (Säure-Basen-Indikatoren können zwei verschiedene Farben annehmen, sie schlagen in einem für sie spezifischen pH-Bereich von einer Farbe auf die andere um). Auf die Reversibilität der Umschlagreaktion konnte aus dem letzten Schritt des Versuchs geschlossen werden.

Erkenntnisse bezüglich saurer und basischer Lösungen konnten aus der Anleitung und der Bezeichnung der Lösungen konstruiert werden.

Mögliche Erkenntnisse:

- Es gibt saure und basische Lösungen.
- Verdünnte Salzsäure ist eine saure Lösung, verdünnte Natronlauge ist eine basische Lösung.
- Säure-Basen-Indikatoren können zwei verschiedene Farben annehmen, sie schlagen in einem für sie spezifischen pH-Bereich von einer Farbe auf die andere um (diese Definition wurde im Arbeitsblatt vorgegeben).
- Die Farbänderung eines Säure-Basen-Indikators ist reversibel.

Durch die Beschriftung der Tropffläschchen mit HCl 0,1 mol/L, und NaOH 0,1 mol/L, wurde möglicherweise eine nicht angemessene Gleichsetzung von HCl mit Salzsäure und NaOH mit Natronlauge ausgelöst.

Arbeitsauftrag 2, Level 1 (siehe Anhang A.1 Versuchsanleitungen)

Mögliche Erkenntnis: Es gibt neben den einfachen Indikatoren, die nur zwei Farben annehmen können, auch Universalindikatoren, die mehrfach einen Farbumschlag zeigen.

Diese Erkenntnis wurde nicht vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler testeten mit einer sauren, einer neutralen und einer basischen Lösung die Reaktion eines Universalindikators und sollten den Unterschied zur vorher getesteten Lackmuslösung selbst beschreiben.

Arbeitsauftrag 3, Level 2 (siehe Anhang A.1 Versuchsanleitungen)

Mögliche Erkenntnisse:

- Die Testung eines Farbstoffes hinsichtlich seiner Eignung als Indikator kann dadurch durchgeführt werden, dass dieser Farbstoff in Lösungen mit unterschiedlichem pH-Wert gebracht wird.
- Eine Änderung des pH-Werts einer Lösung kann durch Zugabe von Salzsäure oder Natronlauge erreicht werden.
- Farbstoffe können entweder stabil gegen pH-Wert-Änderungen sein, oder sie zeigen bei der Änderung des pH-Werts eine Farbänderung.

- Die Farbänderung kann beispielsweise von Rot nach Blau, von Blau nach Gelb, von Braun nach Grün erfolgen, je nach Farbstoff.

Arbeitsauftrag 4, Level 2 (siehe Anhang A.1 Versuchsanleitungen)

Mögliche Erkenntnis: Die Farbreaktion unterschiedlicher Indikatoren erfolgt in unterschiedlichen pH-Bereichen.

Die hier vorgeführte Farbänderung kann auf einen Farbumschlag der blauen Lösung in Folge der Änderung des pH-Werts zurückgeführt werden. Die Überprüfung dieser Hypothese erweist sich als schwierig. Ein Farbumschlag der gelben Lösung von gelb über grün auf blau wird bei der Zugabe von reinem Wasser zur gelben Lösung beobachtet. Der Umschlag von blau zurück auf gelb ist mit den vorhandenen sauren und basischen Lösungen nicht möglich. Die Schülerinnen und Schüler mussten sich von der Idee lösen, dass die Indikatoren im sauren und im basischen Bereich unterschiedliche Farben haben und dass der Farbumschlag um $\text{pH}=7$ stattfindet. Nur jene Gruppen, in deren Diskussionen klar wurde, dass der Umschlag auch im deutlich sauren oder basischen Bereich stattfinden könnte, kamen einer Lösung näher.

5.4.2. Unangemessene Darbietung von Inhalten oder Konzepten

Zurückblickend auf die beschriebene Unterrichtseinheit fand der Unterricht hauptsächlich auf der Ebene der Phänomene statt. Trotzdem wurden auch Details der Brönsted-Theorie (z.B. Basen nehmen H^+ -Ionen auf) im Unterricht erwähnt. Den Lernenden wurde somit ein Hybridmodell zum Thema „Säuren und Basen“ vermittelt (Justi und Gilbert 1999, 2000). Wenn von Säuren gesprochen wurde, war meist nach Arrhenius ein Stoff auf der makroskopischen Ebene gemeint. Das gleiche betrifft die Basen. Die Lehrkraft verwendete oft die Begriffe saure und basische Lösungen. Die jeweils betroffene Ebene (nach Johnstone) und die Unterscheidung der Theorien von Arrhenius und Brönsted wurden nicht explizit zum Thema gemacht.

Die Gleichsetzung von Salzsäure mit HCl und Natronlauge mit NaOH ist unangemessen (Lembens & Becker, 2017; Lembens & Reiter, 2018; Drechsler & Schmidt, 2005). Bei den hier dargestellten IBL-Versuchen zum Thema „Säuren und Basen“ waren Gefäße mit verdünnter Salzsäure mit „ HCl “ beschriftet, und Gefäße mit verdünnter Natronlauge mit „ NaOH “. Dies kann bei Schülerinnen und Schülern zu einer unangemessenen Gleichsetzung führen.

Das Thema Neutralisation wurde durch die Versuche mit den Indikatoren gestreift. Die reversible Änderung der Farbe des Indikators wurde damit erklärt, dass die saure Lösung durch Zugabe einer basischen Lösung basisch werden kann und umgekehrt. Diese Beobachtung wurde mit dem Bild der „Gegenspieler“ erklärt, und auch ein dazwischen liegender neutraler Zustand (bei gleicher „Stärke“ der Gegenspieler) als Bild gewählt.

Bei der Auswertung der Concept-Maps wurden die von der Lehrerin unklar oder unangemessen vorgebrachten Inhalte in folgender Weise berücksichtigt. Unangemessene Verknüpfungen, welche in der Einheit als „richtig“ dargestellt wurden, wurden als angemessen gewertet. Diese jedoch eigentlich unpassenden Verknüpfungen entsprechen (größtenteils) den in Kapitel 2 beschriebenen unklaren Trennungen der Konzepte nach Arrhenius und Brönsted. Dies traf vor allem auf die folgenden Verknüpfungen zu:

- Synonymsetzung des Concepts „Basen“ mit „basischen Lösungen“ bzw. mit „Laugen“.
- Synonymsetzung von „Säuren“ mit „sauren Lösungen“.
- HCl ist Salzsäure.
- NaOH ist Natronlauge.
- Wasser ist keine Säure.
- Bei einer Neutralisation entsteht (immer) ein Salz.
- Bei einer Neutralisation entstehen (immer) neutrale Stoffe.
- Bei einer Neutralisation möchte man den pH-Wert 7 erreichen.
- Säuren und Basen neutralisieren sich.

Eine genauere Auflistung aller angemessenen und unangemessenen Zuordnungen befindet sich im Anhang A.4 (S. 158).

5.5. Analyse der Concept-Maps

Der Einsatz von Concept-Maps zielte darauf ab das konzeptuelle Wissen der Lernenden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten zu dokumentieren: vor und nach dem Forschenden Lernen. Ein Ziel war es die Concept-Maps als Erhebungstool zu nutzen, um Schritte der Konzeptentwicklung verschiedener Schüler und Schülerinnen miteinander vergleichen zu können. Verglichen werden sollen die Concept-Maps der einzelnen Schülerinnen und Schüler untereinander, aber auch die Prä- und Post-Map eines jeden und einer jeden einzelnen Lernenden. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der angemessenen Kombination von einzelnen Begriffen zum Thema „Säuren und Basen“. Mithilfe des Vergleichs der Prä- und Post-Map lässt sich eine

Veränderung der Depth des Verstehens von Konzepten und Zusammenhängen vor und nach der Durchführung der Sequenz feststellen und vergleichen (Hough et al., 2007, S. 24).

Nachdem die Parameter einer Concept-Map im Kapitel 4 erklärt und anhand einer ausgewählten Map demonstriert wurden, soll nun nochmals ein Überblick über die in der Analyse verwendeten Parameter gegeben und näher auf die daraus ableitbaren Interpretationen eingegangen werden. Zudem soll im folgenden Abschnitt näher erläutert werden, welche Arten von Verknüpfungen innerhalb der Concept-Maps als qualitative Fehler gezählt wurden. Auch auf den Zusammenhang zwischen dem Richtigkeitswert und dem Verstehen der Theorie während des Forschenden Lernens soll hier nochmal näher eingegangen werden.

Concept Number

Die Angabe der Concept Number dient dazu, die Breite des Wissens festzuhalten. Dies bedeutet, dass gezeigt wird, wie viele Schlüsselbegriffe dem bzw. der Lernenden überhaupt bekannt sind, unabhängig davon, ob er oder sie diese Konzepte auch angemessen miteinander verbindet (Hough et al., 2007, S. 30). Die Höhe der Concept Number wird jedoch meist als rein quantitatives Merkmal verstanden. Eine Bewertung nur anhand der Concept Number, ohne andere Werte zu beachten, wäre demnach nicht sehr aussagekräftig.

Width, Depth und Hierarchical Structure Score

Laut Hough et al. (2007) dienen diese Begriffe dazu, die Komplexität der Struktur von Concept-Maps wiederzugeben (Hough et al., 2007, S. 31). In der Auswertung werden die beiden Parameter Depth und Width allein als gegenstandslos betrachtet. Die Addition der beiden Parameter hingegen, im Sinne des Hierarchical Structure Score, ist für die quantitative Analyse aussagekräftiger. Laut Hough et al. gilt, dass, je höher der berechnete HSS-Wert ist, umso höher auch die Komplexität der Struktur des Wissens der jeweiligen Schülerin oder des jeweiligen Schülers ist (Hough et al., 2007, S. 30).

Chunks und Crosslinks

Sowohl die Anzahl der Crosslinks, als auch jene der Chunks zeigen an, inwiefern ein Lernender oder eine Lernende in der Lage ist, Begriffe miteinander zu verknüpfen (Hough et al., 2007,

S.31; Greene et al., 2013). Dadurch wird sichtbar, ob der Schüler oder die Schülerin die einzelnen erlernten Subbegriffe eines Themas in einen sinnvollen Kontext stellen kann (Hough et al., 2007, S. 31).

Link Number

Die Anzahl der Links selbst zeigt an, wie gut das neue Wissen in vorheriges integriert wurde. Damit dieser Parameter aussagekräftig ist, müssen in die Prä-Maps neue Concepts, welche in den Post-Maps noch nicht vorhanden waren, integriert werden. Dies bedeutet jedoch auch, dass ursprüngliche Begriffe nicht vollständig weggelassen werden dürfen. Diese Integration von „neuem“ in „altes“ Wissen ist auch sehr gut mit Novaks Anforderungen an eine qualitativ hochwertige Concept-Map vergleichbar (Novak, 2005).

Bei der Auswertung der Links wird zudem großer Wert auf eine angemessene Verwendung gelegt. Nach David Hay (2007) werden alle Verlinkungen, welche entweder keine, nicht aussagekräftige oder falsche Beschriftungen enthielten, für die Analyse als gegenstandslos betrachtet (Hay, 2007, S. 43ff). Die Vorgehensweise in dieser Arbeit stimmt nicht mit jener von Hay überein, da auch eine Wertung von Links mit unangemessenen oder fehlenden Beschriftungen erfolgte.

Richtigkeitswert

Die beiden Parameter „Fehlerhafte Links“ und „Anteil der Fehler in Prozent“ wurden, wie bereits erwähnt, von mir selbst eingefügt, da sich meiner Meinung nach so der Richtigkeitswert besser und vor allem transparenter angeben lässt. Die Angabe der fehlerhaften Links ist hierbei lediglich als Werkzeug für die Berechnung des prozentuellen Anteils zu verstehen, bei der der Anteil der fehlerhaften Links mit der Anzahl der Links in ein Verhältnis gesetzt wird (siehe Kapitel 4.2.2.).

Wie bereits in Kapitel 4 erwähnt, stellt der Richtigkeitswert den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler dar. Novak gab zudem – in Anlehnung an Ausubel (1963) – den einzelnen Kategorien Namen. Ein Richtigkeitswert von 0 entspricht demnach der Kategorie „kein Lernen“, die Werte 1.1 und 1.2 der Kategorie „oberflächiges Lernen“ und der Wert 2 jener „tiefen Lernens“. In der hier vorliegenden Arbeit wird das oberflächige Lernen zusätzlich

nochmals unterschieden, um zu sehen, ob der Mapper bzw. die Mapperin sich näher bei der Kategorie „kein Lernen“ oder „tiefes Lernen“ befindet.

Zusammenfassend ergeben sich daraus die drei folgenden Kategorien:

Fehleranteil in Prozent	Richtigkeitswert		Lernen
	Theorie (Greene et al., 2013)	neue Zuordnung (gemäß Kapitel 4.2.3)	
100%-54,5%	0	0	keines
54,4%-35,5%	1.1.	1	oberflächliches
34,4%-14,5%	1.2.	2	
< 14,4%	2	3	tiefes

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen Richtigkeitswert, Fehleranteil und Art des Lernens

Weiterführend und über diese eingeführten Richtigkeitswerte hinaus soll hier noch auf die ursprüngliche qualitative Interpretation einer Concept-Map eingegangen werden. Laut Novak (2005) muss die Prä-Map sowohl neu erlernte Konzepte als auch bereits in der Post-Map genutzte Konzepte beinhalten. Zudem muss die später erstellte Map zeigen, dass neuerlerntes Wissen mit vorherigem verknüpft wurde. Auch in ihrer allgemeinen Organisation und der Verlinkung der Konzepte muss die zweite Concept-Map besser als die erste sein. Dies bedeutet unter anderem auch, dass die Verknüpfungswörter genauer sein müssen. Die in dieser Arbeit genutzten Kategorien eignen sich dazu, diese Kriterien zu erheben und damit die Tiefe des Lernens zu belegen.

Wenn die oben genannten Kriterien nicht erfüllt werden, wird dies von Novak als oberflächliches Lernen definiert. Ein Beispiel hierfür wäre das Ersetzen aller alten Konzepte durch neue – hier wird neues Wissen nicht mit bereits vorhandenem Wissen vernetzt. Ein zweites Beispiel dafür wäre, wenn die zweite Map zwar eine signifikante Anzahl von neuen Konzepten enthält, diese jedoch nicht ausreichend mit den vorherigen verbunden sind. Auch wenn die zweite Concept-Map keine allgemeine Verbesserung gegenüber der ersten (im Sinne von entweder nicht aussagekräftigen Links oder keiner präzisen Erklärung dieser Links) aufzeigt, wird sie als Beispiel für oberflächliches Lernen eingestuft (Hay, 2007, S. 44).

Allgemein kann gesagt werden, dass oberflächliches Lernen nicht als nachhaltig angesehen wird, während tiefes Lernen zu einer langfristigen persönlichen Veränderung führt (Hay, 2007, S. 53). Mittels all der genannten Parameter lassen sich die Prä- und die Post-Map eines jeden Lernenden miteinander vergleichen und damit Schlüsse auf die Tiefe des Lernens ziehen.

Digitalisierung der Concept-Maps

Für eine einfachere Auswertung wurden die von den Schülerinnen und Schülern händisch erstellten Concept-Maps digitalisiert. Bei der Digitalisierung der Concept-Maps wurde darauf geachtet, diese dem Original so ähnlich wie möglich zu gestalten. Im Original auftretende (Rechtschreib-)Fehler wurden auch in den digitalisierten Versionen übernommen. Hochzahlen werden in Klammern dargestellt, z.B. H^+ -Ionen wird zu H(+)-Ionen. Auch die strukturelle Aufteilung der händischen Concept-Maps und die hierarchische Anordnung der einzelnen Schlüsselbegriffe wurden bei der Digitalisierung beibehalten. Für eine bessere Übersicht wurden die Concepts ihrem jeweiligen Level entsprechend eingefärbt (siehe auch Kapitel 4.1.2.). Demnach sind beispielsweise alle Concepts des ersten Levels, also all jene welche direkt mit dem Key-Concept verknüpft wurden blau unterlegt dargestellt. Concepts des zweiten Levels wurden grün unterlegt usw. Die Digitalisierung fand mit dem Programm „Mindjet MindManager 2019“ statt.

5.6. Durchführung der Interviews

Nachdem die Concept-Maps nach der beschriebenen Methode ausgewertet wurden, wurden mit einigen ausgewählten Schülerinnen und Schülern Interviews durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler für diese wurden anhand ihrer Maps ausgewählt. Dabei wurde vor allem darauf geachtet, dass für die Interviews ca. 50% Personen mit gut auswertbarer und 50% Personen mit nicht auswertbarer Concept-Map ausgewählt wurden. Sinn der Befragung der Personen mit gut auswertbaren Concept-Maps war es, das in den Maps dargestellte Wissen nochmals zu reflektieren und festzustellen, ob alle Verlinkungen von mir bei der Evaluierung richtig verstanden wurden. Personen mit nicht auswertbaren Concept-Maps wurden befragt, um festzustellen, ob auch diese Schülerinnen und Schüler durch die Unterrichtseinheit ihr Wissen erweitern konnten, obwohl dies mit den beschriebenen Methoden aus ihren Maps nicht ableitbar ist.

Die Interviews fanden mithilfe eines Interviewleitfadens (siehe Anhang A5, S. 167) statt. Anschließend wurden diese sorgfältig transkribiert. Hierzu wurden die folgenden Transkriptionsregeln aufgestellt:

Zeichen (Kodierung)	Bedeutung
...	Pause
//: _ ://	Wortwiederholung
-	langgezogener Wortteil
/	abgebrochener Wort- oder Satzteil
GROß geschriebene Wörter	betont
//	Unterbrechung eines Satzes
???	unverständlich auf der Tonbandaufnahme

Tabelle 4: Transkriptionsregeln der Interviews

Im Zuge dieser Arbeit werden die Interviews der Schülerinnen und Schüler mit nicht vergleichbaren bzw. nicht auswertbaren Concept-Maps näher betrachtet (siehe 6.2.). Die Transkripte der Interviews befinden sich im Anhang A6 ab Seite 168. Bei den anderen Schülerinnen und Schülern wurde auf eine Analyse der Interviews verzichtet, da deren Concept-Maps bereits aussagekräftig genug für die weitere Interpretation waren.

6. Ergebnisse

6.1. Auswertung der Concept-Maps

Es wurde bei der Auswertung der Concept-Maps auf angemessene bzw. sinnvolle Zusammenhänge zwischen einzelnen Concepts geachtet. Diese lassen sich jedoch nur schwer vorherbestimmen bzw. zusammenfassen, da eine Aussage bzw. die Verknüpfung mehrerer Concepts miteinander, oft erst aus dem Kontext heraus als sinnvoll bewertet werden kann. Aus diesem Grunde wurde auf die Erstellung einer idealisierten „Master-Concept-Map“ mit den vorgegebenen Begriffen verzichtet.

Prinzipiell dienen bei Concept-Maps vor allem Nodes (Beschriftungen) als wichtige Kriterien, um eine Verknüpfung als angemessen oder nicht angemessen zu werten. Leider glichen viele der erstellten Concept-Maps eher Mind-Maps und enthielten somit keine Beschriftungen der Links. Waren keine Verknüpfungslinien vorhanden, wurde nach folgenden Kriterien entschieden, ob die Zuordnung der Concepts angemessen war oder nicht: die Aussage kann auch ohne Verknüpfungswörter als angemessen interpretiert werden, das Weglassen der Nodes führt nicht zur Verwirrung und Missinterpretation.

So wurde beispielsweise die Verknüpfung des Concepts OH^- -Ionen mit dem Concept H^+ -Ionen als unangemessen gewertet, wenn keine Beschriftung vorhanden war. Mit der Beschriftung „sind die Gegenspieler von“ oder dergleichen fand eine Wertung als angemessen statt.

Ebenfalls war die Anordnung der Konzepte ausschlaggebend. Ein Link vom Begriff „ H^+ -Ionen“ beschriftet mit „führt zu“ hin zum Begriff „Neutralisation“ wäre demnach nicht als richtig zu werten. Wenn das Concept „ H^+ -Ionen“ jedoch gemeinsam mit dem Concept „ OH^- -Ionen“ genannt wird, und beide mit dem Begriff „Neutralisation“ verbunden sind, so werden die Zuordnungen als angemessen gewertet.

Der beschriebene Unterricht war für die Schülerinnen und Schüler der erste Kontakt mit Forschendem Lernen und mit dem Thema „Säuren und Basen“ in der Sekundarstufe II. Dementsprechend wurde nur sehr geringes Vorwissen (größtenteils auf Phänomenebene) vorausgesetzt. In den Concept-Maps wurden bei der Auswertung auch Zuordnungen wie beispielsweise „ $\text{pH}=7$ ist ein pH -Wert“ als angemessen bewertet.

6.1.1. Auswahl der Concept-Maps für die Auswertung

Nicht alle der Concept-Maps konnten nach den zuvor beschriebenen Kriterien ausgewertet werden. Dies lag vor allem an der Struktur der Concept-Maps. Diese wurden bei einigen Lernenden nicht als verzweigtes Begriffsnetz, sondern als Liste dargestellt.

Da der Aufbau und das Erstellen einer Concept-Map im Vorhinein den Schülerinnen und Schülern anhand eines Beispiels zu einem bekannten Thema erklärt wurde, schließe ich nicht aus, dass es sich bei den Lernenden mit unangemessener Strukturierung der Maps um jene handelte, welche sich bisher beim Lernen stark an linearen Strukturen orientiert haben. Des Weiteren könnte auch eine falsche Interpretation oder fehlende Aufmerksamkeit während der Erklärungsphase zu den beschriebenen Problemen geführt haben. Es wurden bei über der Hälfte der Lernenden (24 von 45) Probleme beim richtigen Erstellen einer Concept-Map festgestellt. Diese Lernenden haben entweder mehrere kleine und unzusammenhängende Maps erstellt oder eine Tabelle anstatt einer Concept-Map zur grafischen Veranschaulichung des Themas benutzt, wie Abbildung 11 zeigt.

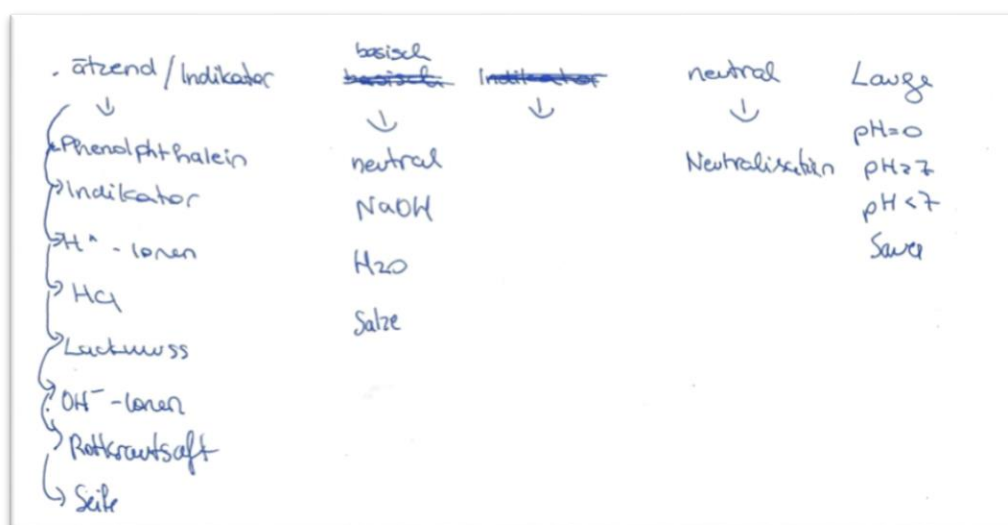


Abbildung 11: Post-Map des/der Lernenden 13

Mehrere Lernende zeichneten auch eine pH-Skala in die Mitte ihres Arbeitsblattes und ordneten dieser verschiedene Begriffe zu, so wie beispielsweise die Post-Map der/des Lernenden 22 zeigt (Abbildung 12).

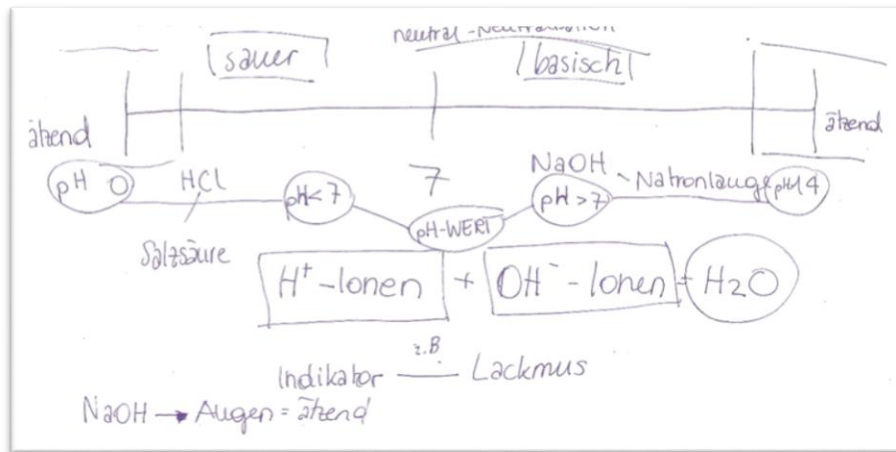


Abbildung 12: Post-Map der/des Lernenden 22

Damit die Prä- und Post-Maps eines oder einer Lernenden in die Auswertung kamen, mussten die drei folgenden Kriterien erfüllt werden:

1. Der Sachverhalt ist mittels einer Concept-Map oder Mind-Map dargestellt worden. Darstellungen in Form von Tabellen oder Listen wurden nicht in die Auswertung aufgenommen.
2. Es handelt sich um eine kohärente bzw. durchgehende Concept-Map (oder Mind-Map). Einige Schülerinnen und Schüler erstellten kleinere, unzusammenhängende Maps, welche nicht gewertet wurden.
3. Sowohl die Prä- als auch die Post-Map eines jeden Schülers bzw. einer jeden Schülerin wird den beiden soeben beschriebenen Punkten gerecht.

Die hier angeführten Kriterien stützen sich auf die in der Literatur erwähnten Regeln zur Auswertung von Concept-Maps hinsichtlich des „Sichtbarmachens“ von *deep learning*, *surface learning* und *non-learning*. Da keiner der Autoren und Autorinnen (Besterfield-Sacre et al., 2004; Hay, 2007; Novak, 2005; Novak & Cañas, 2006; Hough, 2007) beschreibt, wie eine Auswertung für unzusammenhängende Concept-Maps, Listen oder Tabellen erfolgen kann, wurden Darstellungen dieser Form nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Um zumindest stichprobenartig festzustellen, ob diese Schülerinnen und Schüler dennoch ihr Wissensnetz hinsichtlich „Säuren und Basen“ durch die Einheit erweitern konnten, wurden drei von ihnen zu einem Interview gebeten. Des Weiteren fanden vier Interviews mit Personen statt, deren Concept-Maps als brauchbar bewertet wurden. Diese werden für diese Arbeit jedoch nicht mehr näher betrachtet, da die Concept-Maps dieser Schülerinnen und Schüler bereits Aussagen bezüglich des Lernfortschritts zulassen.

6.1.2. Beispiel für die Auswertung einer Concept-Map

Mithilfe der soeben beschriebenen Bewertungskriterien wurden brauchbare Concept-Maps ausgewertet und miteinander verglichen. Der Vergleich beruhte vor allem auf jenen der Prä- mit der Post-Map desselben Schülers bzw. derselben Schülerin. Hierbei sei nochmals vermerkt, dass die Prä- und Post-Map unabhängig voneinander erstellt wurden und nicht die Prä-Map nochmals bearbeitet wurde. Dies hatte zur Folge, dass sich das Key Concept in vielen Fällen änderte.

Für die Prä-Map und die Post-Map des Schülers/der Schülerin P (Abbildung 13 und Abbildung 14) ergaben sich die folgenden Parameter (Tabelle 5):

	P	
	Prä	Post
Key Concept	pH-Wert	Indikator
Concept Number	17	29
Width	14	12
Depth	2	5
HSS	16	17
Chunks	3	5
Crosslinks	1	1
Anzahl der Links	19	30
Fehlerhafte Links	9	4
Anteil Fehler in %	47,4%	13,3%
Richtigkeitswert	1	3

Tabelle 5: Auswertung der Concept-Maps der Schülerin/des Schülers P

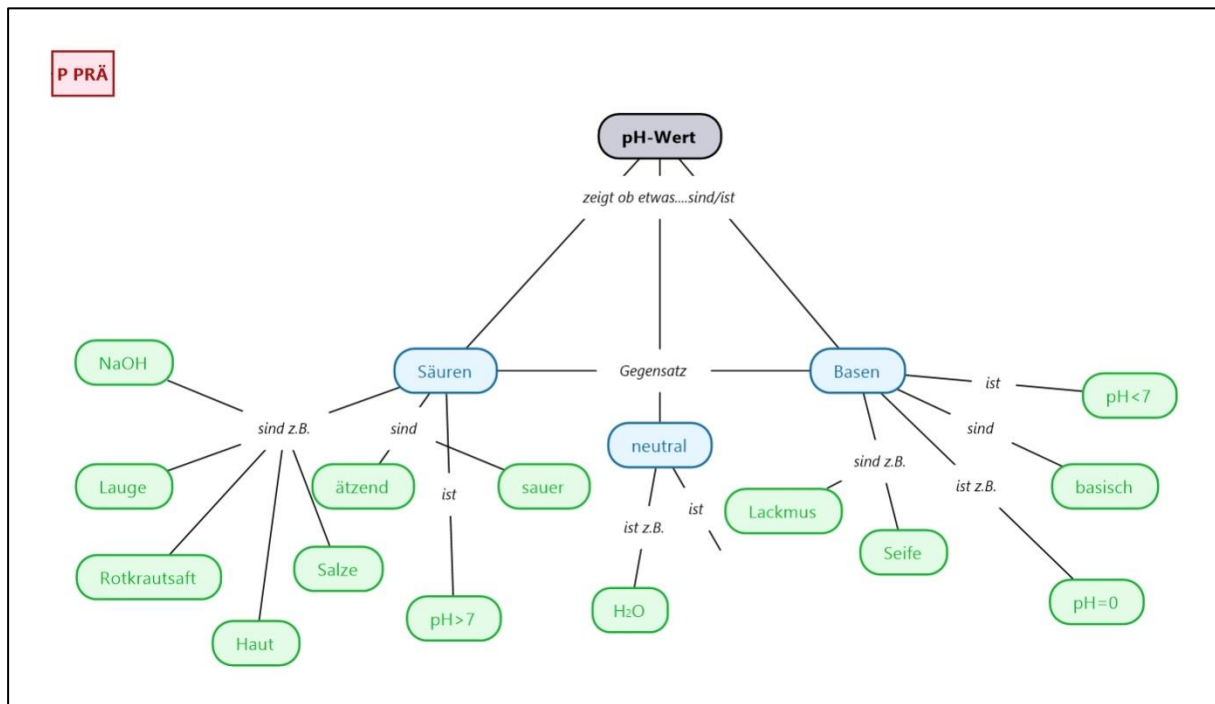


Abbildung 13: Prä-Map der/des Lernenden P

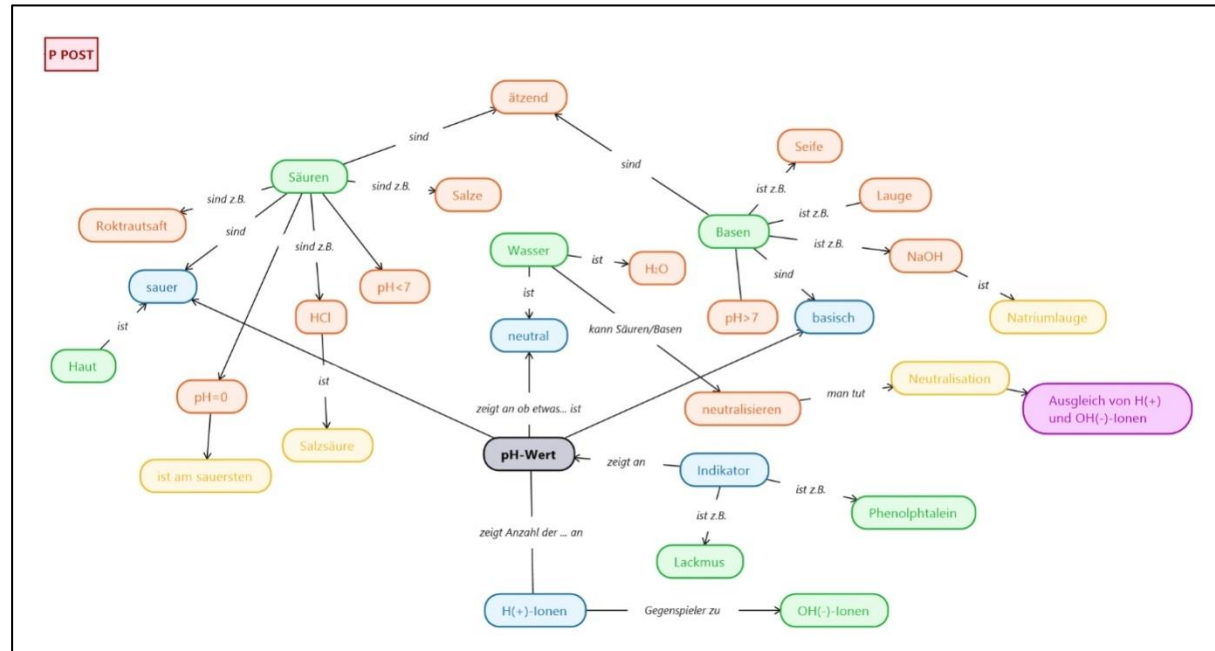


Abbildung 14: Post-Map der/des Lernenden P

Anhand der Zunahme der Concept Number von 17 auf 29 Konzepte kann der Schluss gezogen werden, dass die Breite des Wissens dieses Schülers bzw. dieser Schülerin zugenommen hat. Ebenso nahm die Komplexität der Struktur der Concept-Map zu (HSS). Die einzelnen Konzepte konnten auch besser in einen gemeinsamen Kontext gesetzt werden, was sowohl durch den

Anstieg der Chunks als auch der Crosslinks veranschaulicht wird. Zudem konnte neues Wissen nicht nur aufgenommen und verarbeitet, sondern bei der Prä-Map auch besser in vorheriges Wissen integriert werden. Dies wird durch den Anstieg der Anzahl der Links von 19 auf 30 verdeutlicht.

Auch bezüglich der Qualität dieser Concept-Map ist eine Zunahme erkennbar. Der Concept-Map-Ersteller oder die Concept-Map-Erstellerin der Mappe P konnte einen Wissenszuwachs verzeichnen. Dieser Zuwachs wird durch den Richtigkeitswert ausgedrückt, welcher von der zweitschlechtesten Kategorie 1 zur besten Kategorie 3 zunahm.

Interessant ist auch der hier vermerkte Wechsel vom Key Concept „pH-Wert“ zu „Indikator“. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass der bzw. die Lernende der hier gezeigten Concept-Maps das Wissensnetzwerk neu strukturiert hat.

6.1.3. Vergleich der ausgewerteten Concept-Maps

Insgesamt konnten die Concept-Maps von 21 Schülerinnen und Schülern ausgewertet werden. Die Auswertung und Interpretation erfolgten gemäß den im Kapitel 4 angegebenen Kriterien.

Vergleich von Prä- und Post-Map auf einzelne Schülerinnen und Schüler bezogen

Die folgende Tabelle (Tabelle 6) ist die konzentrierte Darstellung der Veränderung des Wissensnetzes jedes einzelnen Schülers und jeder einzelnen Schülerin. Da die Erweiterung des Wissensnetzes im Vordergrund steht, beziehen sich die Angaben auf den Vergleich der Post- mit der Prä-Map jedes einzelnen Schülers und jeder einzelnen Schülerin. Es wird somit dargestellt, ob der Posttest bessere, gleiche oder schlechtere Werte zeigt als der Prätest.

	Anzahl der Schülerinnen und Schüler, für die jeweils gilt:		
	Post-Map > Prä-Map	Post-Map = Prä-Map	Post-Map < Prä-Map
Concept Number	21,0	0,0	0,0
Width	18,0	2,0	1,0
Depth	11,0	8,0	2,0
HSS	19,0	2,0	0,0
Chunks	16,0	5,0	0,0
Crosslinks	7,0	13,0	1,0
Anzahl der Links	19,0	1,0	1,0
Fehlerhafte Links	7,0	3,0	11,0
Anteil Fehler in %	5,0	0,0	16,0
Richtigkeitswert	14,0	4,0	3,0

Tabelle 6: Vergleich bezogen auf Einzelpersonen

Bereits in der ersten Zeile zeigt sich, dass bei jedem einzelnen der 21 Lernenden die Anzahl der Concepts in der Post-Map höher ist als in der Prä-Map.

Es gibt jedoch in allen anderen Kategorien keine so eindeutige Erweiterung und qualitative Steigerung des Wissensnetzes bei jedem/jeder einzelnen Lernenden. Anhand dieser Übersicht ist erkennbar, dass es in beinahe allen Kategorien (außer Concept Number und Anteil Fehler in Prozent) Schülerinnen und Schüler gibt, bei denen zwischen der Post und der Prä-Map kein Unterschied festgestellt werden kann. Vor allem bei den Crosslinks fällt auf, dass bei der Mehrheit der Lernenden keine Änderung stattgefunden hat.

Es zeigt sich eine Zunahme der fehlerhaften Links bei sieben Lernenden. Es sei jedoch angemerkt, dass dies darauf zurückzuführen sein kann, dass alle betroffenen Schüler und Schülerinnen auch mehr Concepts bei ihrer Post- als bei ihrer Prä-Map verwendeten. Der Anteil der Fehler ist demnach proportional zur Anzahl der Concepts gestiegen.

Gesamt gesehen sei angemerkt, dass es niemanden gibt, der sich in allen Kategorien verschlechterte oder gleichgeblieben ist. Auch bei Person 19 (siehe Anhang A.3 Auswertung und digitalisierte Concept-Maps), bei der in acht Kategorien von insgesamt zehn ein gleichbleibendes oder schlechteres Ergebnis ausgemacht werden kann, kann zumindest ein kleiner Lernerfolg festgestellt werden. Die Concept Number und die Anzahl der Crosslinks werden um jeweils einen Punkt gesteigert. Das bedeutet, dass zumindest ein geringer Lernerfolg auf Ebene der Breite des Wissens und des Setzens der Concepts in einen gemeinsamen Kontext verzeichnet werden kann. Prinzipiell auffällig bei Person 19 ist, dass in den anderen Kategorien die Werte jeweils gleichbleiben.

Insgesamt lässt sich so pro Lernenden sagen, in welchen Kategorien sich der jeweilige Schüler oder die jeweilige Schülerin verschlechtert oder verbessert hat, oder gleichgeblieben ist. Keine der ausgewerteten Concept-Maps zeigt Verbesserungen in allen Kategorien.

Bei welchen Schülern und Schülerinnen eine Verschlechterung, ein Gleichbleiben oder eine Verbesserung stattgefunden hat, wird in der folgenden Tabelle nochmals für alle Kategorien im Detail dargestellt. Die Buchstaben und Zahlen stehen für jeweils eine Person.

	Verschlechterung	gleich	Verbesserung
Concept Number	-	-	bei allen
Width	F, P	19	A, C, D, E, G, K, Q, R, S, T, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 23, 27
Depth	E, K	A, C, G, S, 9, 10, 11, 19	D, F, P, Q, R, T, 5, 8, 17, 23, 27
HSS	-	F, 19	A, C, D, E, G, K, P, Q, R, S, T, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 23, 27
Chunks	-	D, 8, 9, 10, 27	A, C, E, F, G, K, P, Q, R, S, T, 5, 11, 17, 19, 23,
Crosslinks	T	C, F, G, P, Q, R, 5, 8, 9, 10, 11, 19, 23	A, D, E, K, S, 17, 27
Anzahl der Links	G	F	A, C, D, E, K, P, Q, R, S, T, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 19, 23, 27
Fehlerhafte Links	5,9, 10, 11, 17, 19, 23	E, G, 8	A, C, D, F, K, P, Q, R, S, T, 27
Anteil Fehler in %	G,9, 10, 17, 19	-	A, C, D, E, F, K, P, Q, R, S, T, 5, 8, 11, 23, 27
Richtigkeitswert	9, 10, 17	E, G, 5, 19	A, C, D, F, K, P, Q, R, S, T, 8, 11, 23, 27

Tabelle 7: Darstellung der Verbesserung, Verschlechterung und des Gleichbleibens

Anhand dieser Tabelle lässt sich für jeden der 21 Lernenden sagen, in welchen Bereichen eine Konzepterweiterung stattgefunden hat.

Als Beispiel wird Person F genauer besprochen. Es kann bei Person F eine Verschlechterung der Width dargestellt werden. Der HSS-Score, welcher sowohl diese Width als auch die Depth beinhaltet, blieb jedoch gleich. Somit kann über diesen Schüler bzw. dieser Schülerin ausgesagt werden, dass sich die Komplexität der Struktur zwischen Prä- und Post-Map nicht geändert hat. Es kann auch keine Zunahme der Crosslinks verzeichnet werden, woraus man schlussfolgern

kann, dass die Begriffe bei der Post-Map nicht besser in einen gemeinsamen Kontext gesetzt werden können, als bei der Prä-Map. Sehr wohl kann bei Person F jedoch ein Anstieg der Chunks festgestellt werden, wodurch die Verbesserung des in gemeinsamen Kontextsetzens der Schlüsselbegriffe gegeben ist. Eine Stagnierung der Anzahl der Links zeigt bei dem Schüler bzw. der Schülerin zudem an, dass vorheriges Wissen nicht in neues integriert wird. Eine Wissenserweiterung gibt es bei Person F hingegen bezüglich der Breite des Wissens (Anstieg der Concept Number), sowie bezüglich der Richtigkeit. Die Richtigkeit der Post-Map ist erkennbar an der Abnahme der fehlerhaften Links und des Anteils der Fehler in Prozent, sowie an der Zunahme des Richtigkeitswerts.

Anhand der im Anhang A.3 (S. 101) dargestellten Tabellen lassen sich Schlussfolgerungen wie diese auch für die anderen Schülerinnen und Schüler aufstellen.

Quantitative Interpretation der Gesamtheit

1. Concept Number

Die durchschnittliche Concept Number aller Prä-Maps betrug 10,6. Dieser Wert konnte nach den Versuchen zum Forschenden Lernen um durchschnittlich 7,0 Konzepte auf insgesamt 17,6 Concepts gesteigert werden. Im besten Fall konnte eine Zunahme von 14 Concepts verzeichnet werden (Schüler/Schülerin 23). Bei drei Concept-Maps betrug die Zunahme lediglich 1 Konzept (Maps F, 17, 19). Während bei der Prä-Map die niedrigste Anzahl aller Konzepte noch bei 0 lag (Map 23), konnte sich diese Zahl bei den Post-Maps auf 7 (Maps 9 und 11) verbessern. Ebenso verbesserte sich die maximale Anzahl der Konzepte zwischen Prä und Post von 22 auf 29.

Wie jedoch bereits in Kapitel 4 angemerkt, ist die Anzahl der verwendeten Concepts für den Wissenszuwachs nicht von Bedeutung. Grund hierfür ist vor allem, dass auch unangemessen verwendete Begriffe in die Gesamtanzahl aller Concepts inkludiert werden.

2. Width, Depth und HSS

Die Begriffe Width und Depth werden hier nicht mehr einzeln betrachtet, da sie allein stehend gegenstandslos sind und nur für die Berechnung des HSS ihre Notwendigkeit finden.

Wie bereits erwähnt, gibt der Hierarchical Structure Score (kurz HSS) die Komplexität der Struktur wieder. Umso höher der HSS-Wert, umso komplexer ist die Darstellung der Concepts innerhalb der Map. Bei der Auswertung der 21 Concept-Maps ergibt sich für den Prä-HSS ein Mittelwert von 9,0, im schlechtesten Fall wird zu Beginn ein Wert von 0 (Map 23), im besten

Fall von 20 (Map 19) erreicht. Bei der Post-Map kann der schlechteste Wert auf 7 (Maps 8 und 11) verbessert werden, das Maximum von 20 (Map 19) bleibt gleich. Der HSS-Mittelwert der Post-Maps liegt bei 12,9 und somit um 3,9 über jenen der Prä-Maps. Anhand dieser Zahlen lässt sich darauf schließen, dass die Schülerinnen und Schüler nach der Einheit in der Lage waren strukturell komplexere Maps zu erstellen. Vergleicht man die mittlere Zunahme von 3,9 mit dem vorherigen Wert von 9,0, so ergibt sich ein prozentualer Zuwachs um 43,7%.

Bezogen auf die einzelnen Concept-Maps ergibt sich im besten Fall ein Zuwachs um 11 (Map 23).

Im „schlechtesten“ Fall kann kein Zuwachs festgestellt werden (Maps F und 19). Dies würde bedeuten, dass zwei der 21 Schülerinnen und Schüler auch nach der Einheit nicht in der Lage waren strukturell komplexere Maps zu erstellen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese beiden Personen nichts gelernt haben. Vergleicht man die Chunks der beiden Lernenden (Maps F und 19) in Prä- und Post-Map, so kann bei beiden ein Anstieg festgestellt werden. Daraus lässt sich ablesen, dass die beiden Personen nach der Einheit besser in der Lage waren, Begriffe miteinander zu verknüpfen.

3. Chunks und Crosslinks

Insgesamt hat sich die mittlere Zahl der verwendeten Chunks zwischen Prä- und Post-Maps beinahe verdoppelt (1,5 auf 2,8). Im besten Fall (Map R) gibt es eine Zunahme um fünf Chunks. Bei fünf Lernenden (Maps D, 8, 9, 10, 27) kann kein Anstieg an Chunks zwischen Prä- und Post-Map verzeichnet werden.

Der durchschnittliche Anstieg um 1,4 Chunks erlaubt den Rückschluss, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Einheit gelernt haben, Konzepte besser zu verknüpfen.

Auch durch die Zunahme der Crosslinks wird gezeigt, dass die Lernenden nach der Einheit des Forschenden Lernens besser in der Lage waren, Begriffe miteinander zu verknüpfen. Hier stieg der Wert von durchschnittlich 0,2 auf 1,0 an. Die größte Zunahme von null auf vier Crosslinks kann in Concept-Map D verzeichnet werden. Bei dreizehn Personen hat sich die Anzahl der Crosslinks nicht geändert. Bei den Schülern bzw. den Schülerinnen D, E, T, 17 und 27 kann sogar eine Abnahme der verwendeten Crosslinks festgestellt werden. Gesamtgesehen zeigt sich nur ein geringer Anstieg zwischen den Prä- und Post-Maps.

4. Link Number

Durch den Anstieg der Anzahl der Links um durchschnittlich 6,9 kann darauf geschlossen werden, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage waren, neues Wissen gut in vorheriges

zu integrieren. Im besten Fall (Map 23) konnten 15 zusätzliche Links hergestellt werden. Bei einer der Concept-Maps (Map F) gab es keine Zunahme in der Anzahl der Links. Zudem musste bei einer weiteren Concept-Map (Map G) eine Abnahme um einen Link festgestellt werden.

Qualitative Interpretation

Wie im methodischen Vorgehen beschrieben, befasst sich die inhaltliche Interpretation von Concept-Maps vor allem mit den beiden Parametern „Fehlerhafte Links“ und „Anteil der Fehler in Prozent“, aus denen sich der Richtigkeitswert berechnen lässt.

Diesbezüglich lässt sich sagen, dass im Durchschnitt sowohl die Anzahl der fehlerhaften Links, als auch jene des prozentuellen Fehleranteils abgenommen haben. In Zahlen erscheint vor allem die Anzahl der fehlerhaften Links von durchschnittlich 5,5 auf 5,3 (-3,3%) gering. Bezogen auf den durchschnittlichen Fehleranteil konnte jedoch eine Änderung von 46,0% auf 31,2% festgestellt werden. Dies entspricht einer durchaus ansehnlichen Veränderung von 32,3%.

Der daraus berechnete Richtigkeitswert stieg von einem Durchschnittswert von 1,0 auf 1,6. Im besten Fall (Map A) fand eine Verbesserung des Richtigkeitswerts von 0 auf 3 statt. In anderen Worten schaffte es dieser Schüler bzw. diese Schülerin mit seinem/ihrem Ergebnis von der niedrigsten in die höchste Kategorie (von 0 zu 3 = *deep-learning*) zu wechseln. In drei Fällen konnte keine Änderung des Richtigkeitswerts festgestellt werden (Maps E, 5 und 19).

In weiteren vier Fällen (Maps 7, 9, 10 und 17) fand sogar eine Abnahme des Richtigkeitswertes statt. Diese Ergebnisse sprechen zwar gegen einen Lernerfolg, betrachtet man sie jedoch im Detail, so muss man diese Aussage revidieren. Bei allen vier Fällen, bei denen der Richtigkeitswert abgenommen hat, sticht nämlich ein enormer Zuwachs der verwendeten Konzepte ins Auge. Demnach haben die Schülerinnen und Schüler 7, 9, 10 und 17 mehr der vorhandenen Begriffe in ihre Post-Map integrieren können. Durch diese Integration von einer höheren Anzahl an Concepts erklärt sich auch der negativ erscheinende Richtigkeitswert dieser Maps. In anderen Worten stieg die Anzahl der Fehler proportional mit der Anzahl der verwendeten Begriffe.

Abschließend soll gezeigt werden, welche Inhalte in den Concept-Maps angemessen und welche nicht angemessen dargestellt¹¹ werden. Diese Darstellung erfolgt mit Hilfe von

¹¹ bezogen auf die gemäß der Lehrperson als angemessen dargestellte Konzepte zu Säuren und Basen (siehe Kapitel 5.4.2. Unangemessene Darbietung von Inhalten oder Konzepten)

Ausschnitten der Tabellen der Auswertung der Concept-Maps. Die gesamten Tabellen finden sich im Anhang A4¹² (S. 158). Die folgende Tabelle (Tabelle 8) zeigt als angemessen gewertete Zuordnungen.

Angemessene Zuordnungen				
Überbegriff	Unterbegriff	Concept Maps	Summe	Nodes/Anmerkungen
Base	basisch	EPrä, EPost, GPost, KPost, PPost, PPrä, QPrä, 7Prä, 8Prä, 11Prä, 11Post, 17Prä, 27Prä	13	sind
Base(n)/basisch	Lauge	DPrä, DPost, EPrä, EPost, FPrä, GPrä, GPost, KPrä, KPost, PPost, QPrä, RPrä, RPost, SPrä, TPost, 5Post, 7Prä, 17Post, 19Prä, 19Post, 27Prä, 27Post	22	(Lauge) ist z.B./ zählt zu den, Base(n) ist/sind...
Base(n)/basisch	pH(-Wert)>7	APrä, APost, CPost, DPost, EPost, FPost, GPost, KPost, PPost, RPost, QPost, SPost, TPrä, 7Post, 19Post, 27Post (x2)	17	haben/ wenn/ ist
Basen	pH-Wert	APrä, APost, DPost, FPrä, PPrä, PPost, SPrä, SPost, 17Prä, 27Post	10	sind durch/ zeigt an ob etwas/ angegeben durch
Base(n)/basisch	Seife	CPrä, DPost, EPrä, EPost (x2), KPost, PPrä, PPost, QPrä, QPost, SPrä, TPost, 9Prä, 9Post, 10Prä, 10Post, 11Post, 17Prä, 17Post, 19Prä, 19Post, 23Post, 27Post	23	sind (z.B.)/ ist (z.B.)/ zählt zu den

H ₂ O/Wasser	neutral	APost, CPrä, CPost, DPost, GPost, KPrä, PPrä, PPost, QPost, SPost, 5Post, 17Prä, 17Post, 23Post	14	ist (z.B.)
Indikator	Lackmus	APost, CPost, DPost, EPost, FPost, KPost, PPost, QPost, RPost, SPost, TPost, 17Post, 19Post	13	ist ein/ ist (z.B.)/ Lackmus = Farbindikator
Indikator	pH-Wert	DPrä, EPrä, EPost, FPost, KPrä, KPost, PPost, SPrä, TPost, 17Prä, 17Post, 19Post	12	zeigt an, für, misst/ gemessen/ messbar mit
pH(-Wert) <7	Säure(n)/sauer	APrä, APost, CPost, GPost, KPost, PPost, QPost, RPost, SPost, 27Post (x2)	11	dann/ haben/ wenn
Säure(n)/sauer	Rotkrautsaft	EPrä, EPost (x2), PPrä, PPost, 9Prä, 9Post, 10Prä,	10	sind (z.B.)

Tabelle 8: Ausschnitt aus den als angemessen bewerteten Zuordnungen

Diese Tabelle enthält Aussagen wie „Basen sind basisch“ und „Basen haben einen pH-Wert“. Es findet sich auch die Verknüpfung des Begriffes „Seife“ mit dem Concept „basisch“, sowie die Zuordnung von „Wasser“ zum Begriff „neutral“. Auch die Definition von Lackmus als Beispiel eines Indikators, sowie die Funktion eines Indikators als Werkzeug zur Abschätzung des pH-Werts. Dies sind Bereiche des Kapitels „Säuren und Basen“, welche die Schülerinnen und Schüler somit bei den Versuchen in angemessener Weise erarbeitet haben oder auch schon davor in angemessener Weise darstellen konnten.

Folgende unangemessene Vorstellungen wurden besonders häufig vorgefunden (Tabelle 9).

Unangemessene Zuordnungen				
Überbegriff	Unterbegriff	Concept Maps	Summe	Nodes/Anmerkungen
ätzend	Basen/basisch	DPrä, DPost, EPost, KPrä, KPost, PPost, TPrä, 9Post, 10Post, 11Post, 19Prä	11	gleichgestellt/ Basen sind...
ätzend	Säure(n)/sauer	APrä, CPrä, DPost, GPrä, GPost, KPrä, KPost, PPrä (x2), PPost, QPrä, 7 Post, 8Prä, 9Post, 10Post, 11Prä (x2), 11Post, 17Post, 19Prä, 19Post (x2), 27Prä	23	sind
Base(n)/basisch	pH (-Wert) <7	DPrä, EPrä, KPrä, PPrä, QPrä, RPrä, 17Post, 23Post	8	hat/ ist/ haben
neutral	pH(-Wert) = 0	APrä, CPrä, DPrä, EPrä, FPost, KPost, TPrä, 17Post, 19Post	9	-
pH(-Wert)>7	Säure(n)/sauer	CPrä, DPrä, EPrä, EPost, KPrä, PPrä, QPrä, RPrä, SPrä, TPost, 5Post, 8Post, 17Post, 23Post	14	sind/ hat/ ist/ haben einen
Säuren	Salze	EPost, KPrä, PPrä, PPost, 9Post, 10Post, 10Prä, 11Post, 17Post, 27Post, 27 Prä,	11	z.B./ bestehen aus/ sind z.B./ sind

Tabelle 9: Ausschnitt aus den als unangemessen bewerteten Zuordnungen

Wie anhand dieser Tabelle ersichtlich wird, ist die Zuordnung „pH=0“ zu dem Begriff „neutral“ auffällig, obwohl die pH-Tabelle von der Lehrperson vor den Versuchen erklärt worden ist.

Ein weiterer Punkt, welcher in mehreren Concept-Maps unangemessen dargestellt wird, ist die Gleichsetzung von Säure und Salz. Diese Verbindung kommt in vier Prä-Maps und sieben Post-Maps vor. Es ist unklar, woher diese Vorstellung kommt.

Wie aus der zweiten Tabelle (Tabelle 9) hervorgeht, gibt es bei einigen Begriffen in Zusammenhang mit „Säuren und Basen“ auch noch Unklarheiten, beispielsweise bei der Zuordnung der mathematischen Vergleichszeichen < und > zum pH-Wert. Es werden in 17

Concept-Maps den basischen Lösungen der richtige pH-Bereich von >7 und in 11 Concept-Maps den sauren Lösungen der richtige pH-Bereich von <7 zugeordnet. Dem gegenüber steht eine unangemessene Zuordnung bei den basischen Lösungen in acht Fällen ($\text{pH} < 7$) und bei den sauren Lösungen in 14 Fällen ($\text{pH} > 7$). Dass diese Zuordnung auf ein fehlerhaftes Verständnis der mathematischen Zeichensprache zurückzuführen ist, ist eine Vermutung meinerseits.

Abschließender Vergleich aller Parameter

Die jeweils durchschnittliche Differenz, sowie die prozentuale Verbesserung der einzelnen Parameter, bezogen auf die Prä- und Post-Maps, werden in Tabelle 10 dargestellt.

	Mittelwerte der jeweiligen Anzahlen			
	Prä	Post	Verbesserung als Differenz	Verbesserung in Prozent
Concept Number	10,6	17,6	7,0	65,4%
Width	6,7	9,8	3,0	45,3%
Depth	2,2	3,1	0,9	38,8%
HSS	9,0	12,9	3,9	43,7%
Complexity Score	16,3	29,7	13,4	81,9%
Chunks	1,5	2,8	1,3	90,6%
Crosslinks	0,2	1,0	0,8	425,0%
Link Number	12,0	18,9	6,9	57,2%
Densitiy Score	11,0	17,9	6,8	61,8%
Fehlerhafte Links	5,5	5,3	-0,2	-3,3%
Anteil Fehler in %	46,0%	31,2%	-14,9%	-32,3%
Richtigkeitswert	1,0	1,6	0,6	63,6%

Tabelle 10: Mittelwerte der jeweiligen Kategorien

Anhand der Tabelle lässt sich erkennen, dass gesamtgesehen die Schülerinnen und Schüler in allen Kategorien positive Lernergebnisse zeigten. Auch die negativen Werte der fehlerhaften Links und des Anteils der Fehler in Prozent zeigen eine Zunahme an angemessenem Konzeptverständnis, da eine Abnahme in diesen Kategorien bedeutet, dass die Lernenden bei ihren Post-Maps weniger unpassende Bezüge zwischen den Concepts hergestellt haben.

Die Zunahme der Concept Number um 65,4% bedeutet, dass die Breite des Wissens der Schülerinnen und Schüler durch die Einheit des Inquiry Based Learning zugenommen hat. Bei 43,7% konnte auch der HSS-Wert (zusammengesetzt aus Width und Depth) gesteigert werden, woraus sich ergibt, dass auch die Komplexität der Struktur der Concept-Map zugenommen hat.

Auch die Verknüpfung von Begriffen konnte durch die beschriebene Einführung in das IBL eindeutig gesteigert werden. Diese Verknüpfung wird veranschaulicht durch Crosslinks und Chunks. Der Wert der Erstgenannten konnte um 425% gesteigert werden, dies bedeutet, dass 4,25mal mehr Crosslinks in den Post- als in den Prä-Maps zu finden waren. Auch die Zunahme der Chunks um 90,6% spricht für eine eindeutige Verbesserung der Verknüpfung.

Der Anstieg der Anzahl der Links um 57,2% zeigt, dass neues Wissen gut in vorheriges integriert werden konnte. Auch qualitativ sprechen die 63,6% Steigerung des Richtigkeitwertes (berechnet aus dem Fehlerhaften Anteil und der Fehler in %) für eine Erweiterung des Wissensnetz zum Thema „Säuren und Basen“.

Zusammengefasst konnten somit bei allen untersuchten Parametern eine Verbesserung festgestellt werden.

6.2. Analyse der durchgeführten Interviews

Die Auswertung der insgesamt sieben geführten Interviews soll keinesfalls als Hauptaugenmerk dieser Arbeit angesehen werden. Sie dient vielmehr – wie bereits erwähnt – der Beantwortung der Frage, ob auch Schülerinnen und Schülern ohne für die Auswertung geeignete Concept-Maps während der dargestellten Einheiten fachlich-inhaltlich etwas gelernt haben.

Die Interviews wurden nach dem Forschenden Lernen mit jeweils einem ausgewählten Schüler oder einer ausgewählten Schülerin geführt. Dies fand außerhalb des Klassenraums an einem ruhigen Ort statt. Die Dauer der Interviews variierte gemäß der Relevanz der Aussagen der befragten Person und deren Sprechgeschwindigkeit und betrug im Durchschnitt ca. 12 Minuten (kürzestes Interview 09:24 Minuten und längstes Interview 16:15 Minuten).

Es wurde die Form eines leitfadengestützten Interviews genutzt¹³. Zusätzlich wurden Unklarheiten der Concept-Maps individuell angesprochen. Die Dokumentation fand mithilfe einer Audio-Aufnahme statt, welche anschließend transkribiert wurde.

Folgend sollen kurze Auszüge aus den Interviews von jenen drei Schülerinnen und Schülern besprochen werden, deren Concept-Maps nicht anhand der beschriebenen Kriterien

¹³ siehe Anhang A.5 Interviewleitfaden

ausgewertet werden konnten¹⁴. Diese Auszüge zielen auf jene Inhalte ab, welche in den Prä-Maps nicht oder nicht angemessen dargestellt wurden. Die Interpretation erfolgt im Gegensatz zu der obigen Auswertung von vergleichbaren Prä- und Post-Maps rein auf qualitativer Ebene. Auch hierbei wurde die Auswertung auf das Wissen, welches den Schülerinnen und Schülern zugänglich war, abgestimmt. Demnach sind auch die im Folgenden als angemessen gewerteten Aussagen nicht vor Fehlern geschützt, sondern beziehen sich auf jene Inhalte, welche die Lehrperson als „richtig“ dargestellt hatte, auch wenn dies aus Sicht der Fachdidaktik nicht der Fall wäre (siehe Diskussion/Fehlvorstellungen im Kapitel 2 „Säuren und Basen“ im Chemieunterricht).

Interview 4

Bei diesem Schüler bzw. dieser Schülerin konnte ein großer Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Concept-Map festgestellt werden. Aufgrund der Aufteilung der Prä-Map in zwei einzelne, unzusammenhängende Maps wurde diese Map nicht in die Auswertung miteinbezogen.

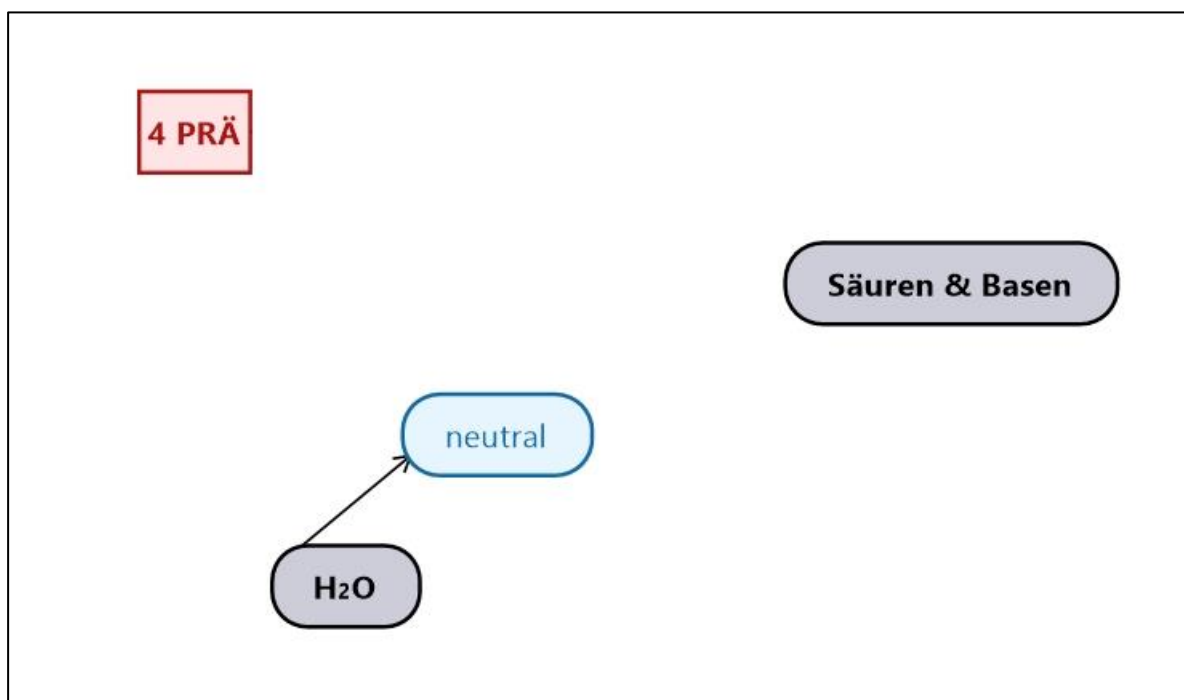


Abbildung 15: Prä-Map des/der Lernenden 4

14 An dieser Stelle sei vermerkt, dass eine genauere Analyse der Interviews sicherlich auch interessante Ergebnisse zu Tage bringen würde. Allerdings würde dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Dennoch können die Transkripte zu den drei Interviews dem Anhang entnommen werden.

Um festzustellen, ob auch diese Person fachlich-inhaltlich dazugelernt hat, wurde ein Interview geführt. Im Folgenden werden jene Ausschnitte aus dem Interview dargestellt, durch welche man auf eine Erweiterung des Wissensnetzes schließen kann. Hierbei wird zuerst die wörtliche Aussage aus dem Interview zitiert. Diese Aussagen wurden paraphrasiert, um die Nähe zu den fachlichen Konstrukten aufzuzeigen.

- Beispiel 1

S: [...] über die Indikator wie man das ähm Gemisch jetzt sauer oder basisch ist
(Interview 4: #00:00:58-0# - #00:01:03-2#)

Paraphrase: Mit einem Indikator kann man feststellen, ob eine Lösung sauer oder basisch ist.

- Beispiel 2

A: [...] Säuren... und das Gegenteil ist?
S: Basen.
(Interview 4: #00:01:05-3# - #00:01:12-9#)

Paraphrase: Das Gegenteil von Säuren sind Basen.

- Beispiel 3

S: Ja auf der Tafel stand halt, dass es ähm... von 0 bis 7 sauer ist.
(Interview 4: #00:01:41-9# - #00:01:46-6#)

Paraphrase: Der saure Bereich geht von pH=0 bis 7.

- Beispiel 4

S: Und von ab 7 bis 14 basisch.
(Interview 4: #00:01:47-7# - #00:01:51-2#)

Paraphrase: Der basische Bereich geht von pH=7 bis 14.

- Beispiel 5

A: [...] Und diesen 0 bis 7 oder 7 bis 14, wie nennt man das?
S: Ähm diese Skala. Ah pH-Wert.

(Interview 4: #00:01:55-1# - #00:02:03-2#)

Paraphrase: pH-Werte werden auf einer pH-Skala angegeben.

- Beispiel 6

S: Ähm man hat halt unterscheiden können was basisch und was //:ähm:// sauer ist.

[...]

S: Ähm halt die Farben haben sich verändert.

(Interview 4: #00:02:22-3# - #00:02:31-7#)

Paraphrase: Mithilfe der Farbänderung von Indikatoren kann man unterscheiden, ob etwas basisch oder sauer ist.

- Beispiel 7

S: Der Universalindikator.

[...]

S: Ähm, weil man das halt für alle Zwecke benutzen kann.

(Interview 4: #00:03:45-3# - #00:03:56-3#)

Paraphrase: Der Universalindikator ist (Anm. von den getesteten) am vielfältigsten einsetzbar.

- Beispiel 8

S: Ich glaub ähm, das mit dem pH-Wert von 2 ist saurer als das mit dem 6.

(Interview 4: #00:06:26-5# - #00:06:31-9#)

Paraphrase: Je niedriger der pH-Wert, umso saurer ist eine Lösung

- Beispiel 9

A: [...], was ist H₂O?

S: Wasser.

(Interview 4: #00:06:31-9# - #00:06:50-2#)

Paraphrase: H₂O ist Wasser.

- Beispiel 10

S: Ähm Säuren und Basen. Wenn man die mischt neutralisiert sich das.

(Interview 4: #00:10:15-4# - #00:10:20-2#)

Paraphrase: Wenn man Säuren und Basen mischt, so neutralisieren sie sich.

Obwohl die beiden Maps des Schülers bzw. der Schülerin 4 nicht mithilfe der vorgestellten Kriterien vergleichbar sind, kann durch die hier aufgezeigten Sachverhalte darauf geschlossen werden, dass auch dieser bzw. diese Lernende von der Einheit profitieren konnte und sein bzw. ihr Wissensnetz zum Thema „Säuren und Basen“ erweitern konnte.

Interview J

Sowohl die Prä- als auch die Post-Map der Schülerin bzw. des Schülers J können gemäß den beschriebenen Kriterien bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden. Grund hierfür ist, wie auch beim Interview 4, die Zweiteilung in jeweils zwei nicht zusammenhängende Concept-Maps. Im Gegensatz zum zuvor genannten Schüler bzw. zu der zuvor genannten Schülerin 4 zeigt jedoch bereits die Prä-Map mehrere angemessene Verknüpfungen von Konzepten.

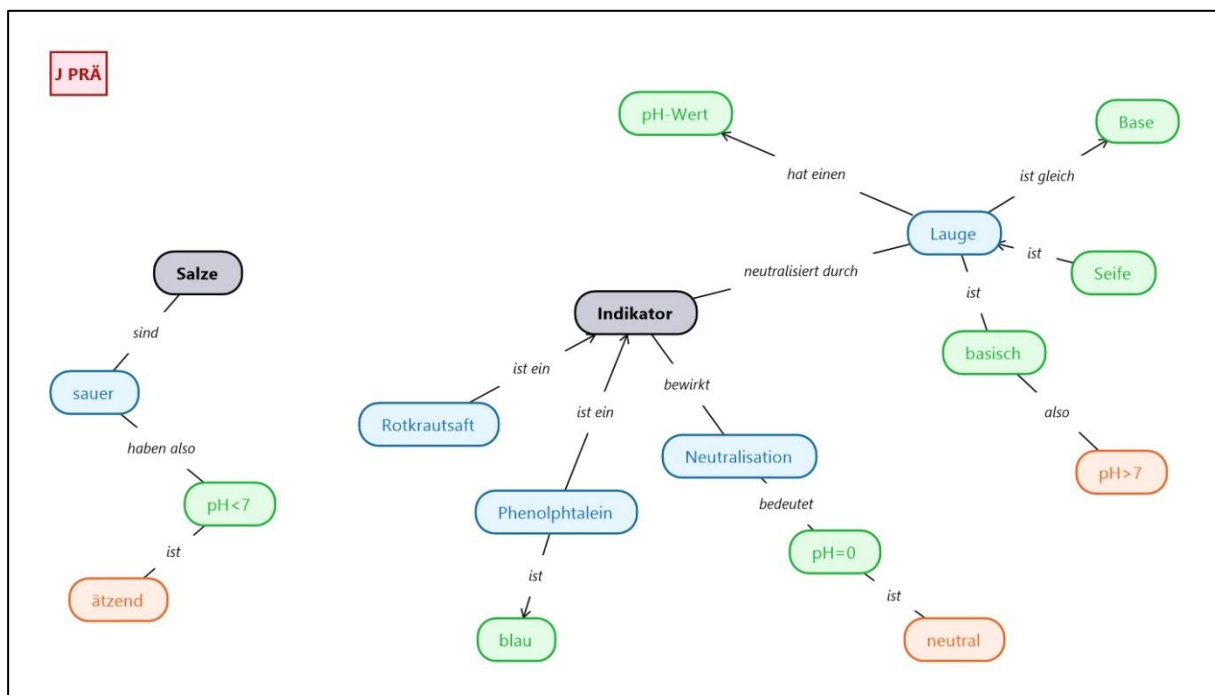


Abbildung 16: Prä-Map des/der Lernenden J

Die Post-Map zeigt in Summe mehr Concepts als die Prä-Map, allerdings wurde auch hier keine zusammenhängende Map konstruiert. Um festzustellen, ob sich durch das Hinzufügen von neuen Verknüpfungen bzw. neuen Concepts auch die Qualität geändert hat, wurde auch mit

dem Schüler bzw. der Schülerin J ein Interview geführt. Die folgenden Aussagen sollen zeigen, wie der bzw. die Lernende J sein bzw. ihr Wissensnetz durch die Einheit erweitern konnte. Es handelt sich hierbei um Aussagen, welche nicht in der Prä-Map vorkamen. Dementsprechend lässt sich vermuten, dass die folgenden Inhalte in der Einheit erlernt werden konnten.

- Beispiel 1

S: //u-und der neutrale pH-Wert ist ja sieben.

(Interview J: #00:02:35-6# - #00:02:38-2#)

S: //bis es vielleicht einmal bei einem pH-Wert sieben ist also neutra-al ..

aber es kann dann ni-ie ... basisch werden

(Interview J: #00:13:42-2# - #00:13:48-2#)

Paraphrase: Der pH-Wert 7 ist neutral

- Beispiel 2

S: U-und wenns dann über sieben i-ist ... also die ganze Skala geht zirka von

Null bis Vierzehn ... u-und Sieben ist genau in der Mitte u-und wenns

dann zum Beispiel ... wirklich Null ist, dann ist es sehr sauer ...

wenns vierzehn //:ist:// es sehr basisch.

(Interview J: #00:02:39-4# - #00:02:55-6#)

Paraphrasen: Die pH-Wert Skala reicht von pH=0 bis 14. Je näher man sich bei 0 bzw. 14 befindet umso stärker sauer bzw. basisch ist die Lösung.

- Beispiel 3

A: [...] eine Lösung hab vom pH zwei-i und eine Lösung von ... pH-Wert sechs//

[...]

A: //ist ja beides sauer//

[...]

S: Die Lösung mit pH-Wert zwei ist dann gan/ also säu/ sau-saure-er als die mit pH-

Wert sechs weil sechs ist halt sehr nahe an sieben u-und die wären sehr leicht//

(Interview J: #00:02:55-6# - #00:03:24-6#)

Paraphrase: Saure Lösungen können unterschiedlich stark sauer sein.

- Beispiel 4

S: Also ein Indikator ist damit kann man feststellen ob eine Lösung basisch oder säurehaltig ist ... oder es gibt auch nur Basenindikatoren wie gestern-n ... das ...farbloose das Phenolphthalein [...] u-und wenn man weiß bei welche-er ... Verfärbu-ung ... welche Säure oder Base oder ... Wasser das ist neutral vorliegt dann kann man [...]
(Interview J: #00:05:29-5# - #00:06:23-6#)

Paraphrasen: Mithilfe eines Indikators kann man zwischen sauren und basischen Lösungen unterscheiden. Es gibt Indikatoren, welche nur für basische Lösungen geeignet sind. Indikatoren verfärben sich.

- Beispiel 5

S: // kommt auf den Indikator an also eben es gibt Indikatoren da bleibt es zum Beispi-iel sowohl beim Wasser als auch bei der Säure farblos und nur bei der Base wird es sofort grellpink.
(Interview J: #00:06:41-6# - #00:06:52-4#)

Paraphrase: Manche Indikatoren schlagen nicht bei pH=7 um, sondern erst im basischen oder sauren Bereich.

- Beispiel 6

A: [...] sind alle Säuren ä-ätzend oder ... wovon hängt das ab?
S: Basen können auch ätzend sei-in//
(Interview J: #00:11:54-2# - #00:12:04-6#)

Paraphrase: Säuren und Basen können ätzend sein.

- Beispiel 7

A: Also welches ... glaubst du ist ätzender?
S: Das gegen Null [...]
A: [...] also gegen Nu-ull bei den Säuren und bei den Basen hab ich da auch [...]
S: Gegen vierzehn
(Interview J: #00:12:26-6# - #00:12:39-9#)

Paraphrase: Je näher ein pH-Wert Richtung 0 bzw. Richtung 14 geht umso ätzender ist die Lösung.

- Beispiel 8

S: H-Zwei-O ist das Wasser

(Interview J: #00:13:03-1# - #00:13:04-8#)

Paraphrase: H₂O ist Wasser

- Beispiel 9

*A: [...] genau den pH-Wert sieben einstellen ... doch was muss ich da-a angenommen
ich hab jetzt eine Säure ... was muss ich da zu der Säure wirklich dazugeben
[...]*

S: Dann muss man sich mit der Base spielen.

(Interview J: #00:14:50-0# - #00:15:26-5#)

Paraphrase: Eine Base kann eine Säure neutralisieren.

- Beispiel 10

*S://so di-ie ... das sind ja sozusagen Gegenspieler sag ich jetzt//
[...]*

*S://Säuren und Basen ... u-und je mehr Base man da zu der
Säure dazugibt ... desto ... basisch/ also ... desto basischer wird
es*

(Interview J: #00:15:27-3# - #00:15:40-6#)

Paraphrase: Säuren sind die Gegenspieler von Basen.

- Beispiel 11

S: [...] Neutral/ die Neutralisation ASO ne Sieben meine ich.

(Interview J: #00:15:40-9# - #00:15:48-5#)

Paraphrase: Neutral ist pH-Wert 7.

Mithilfe der hier dargestellten Auszüge aus dem Interview und deren Paraphrasierung lässt sich zeigen, dass auch der Schüler bzw. die Schülerin J durch die Einheit ihr Wissensnetz ausbauen konnte, obwohl die Prä- und die Post-Map nicht miteinander vergleichbar sind.

Interview L

Anders als bei den vorherigen Interviews erstellte Schüler bzw. Schülerin L eine aussagekräftige Prä-Map. Anstatt einer Concept-Map wurde als Post-Darstellung jedoch die pH-Wert-Skala als zentrales Medium verwendet und auf ihr die einzelnen pH-Bereiche beschriftet. Demnach konnte hier kein aussagekräftiger Vergleich zwischen Prä- und Post-Map stattfinden.

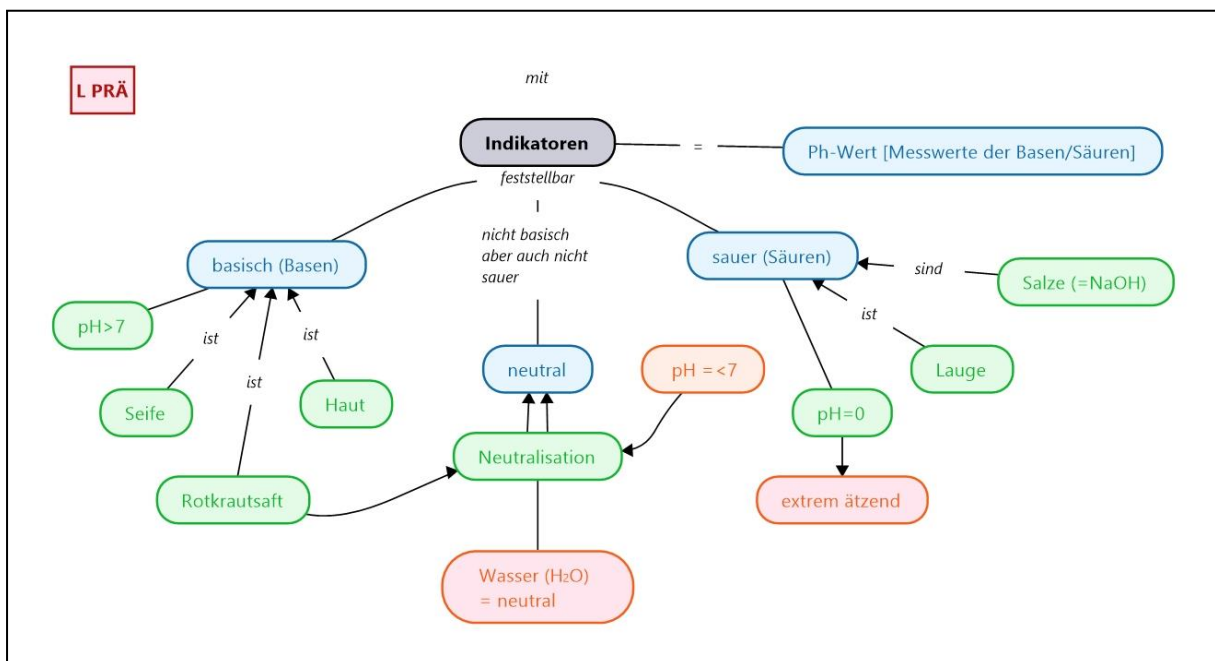


Abbildung 17: Prä-Map des/der Lernenden L

L Prä-Map	
Key Concept	Indikator(en)
Concept Number	15
Width	7
Depth	3
HSS	10
Chunks	3
Crosslinks	1
Anzahl der Links	17
Fehlerhafte Links	6
Anteil Fehler in %	35,3%
Richtigkeitswert	1

Tabelle 11: Auswertung der Prä-Map der Schülerin/des Schülers L

Wie bereits erwähnt, hatte dieser Schüler bzw. diese Schülerin bereits vor der Einheit ein gutes Grundwissen zu dem Thema „Säuren und Basen“. Die Post-Map wurde als pH-Wert-Tabelle skizziert und war mit den gewählten Kriterien nicht auswertbar. Obwohl diese Darstellung nicht mit den zuvor beschriebenen Kriterien ausgewertet werden konnte, konnte mithilfe des Interviews gezeigt werden, dass die Schülerin bzw. der Schüler, durch die Einheit dennoch ihr bzw. sein Wissensnetz erweitern konnte. Dies soll anhand der folgenden Aussagen gezeigt werden. Auch hierbei wurde wieder darauf geachtet nur jene angemessenen Verknüpfungen aufzuzeigen, welche sich noch nicht in der Prä-Map befanden.

- Beispiel 1

A: [...] kleiner als 7, zum Beispiel 6 komma 8 das wäre ja dann schon//

S: sauer

(Interview L: #00:01:25# - #00:02:05#)

Paraphrase: Unterhalb des pH= 7 befinden sich die sauren Lösungen.

- Beispiel 2

S: Neutral ist es ja nur wenn es genau sieben...

(Interview L: #00:02:06# - #00:02:08#)

Paraphrase: Der pH-Wert 7 gibt an, dass es neutral ist.

- Beispiel 3

A: [...] wie unterscheidet sich jetzt eine saure Lösung von einem pH-Wert von eben 6,8 gegenüber einem pH-Wert von 2?

S: Ähm... es gibt //:stark:// saure Lösung und nicht so starke//

(Interview L: #00:02:08# - #00:02:27#)

Paraphrase: Je kleiner der pH-Wert, umso stärker sauer ist die Lösung.

- Beispiel 4

S: [...] ganz saure Lösung gehen und dann eben mit einer basischen neutralisieren oder eben mit einer basischen Lösung wieder ausgleichen, weniger sauer machen.

(Interview L: #00:02:28# - #00:02:48#)

Paraphrase: saure Lösungen können durch Zugabe von basischen Lösungen weniger sauer gemacht oder auch neutralisiert werden.

- Beispiel 5

A: [...] kann ich jetzt also mit einem Indikator nur herausfinden ob es kleiner als sieben ist oder kann ich auch abschätzen ob es jetzt ganz sauer ist oder nur leicht sauer?

S: Man kann auch abschätzen ob es ganz sauer ist, oder eben stärker sauer oder leichter sauer.

(Interview L: #00:02:48# - #00:03:06#)

Paraphrase: Mit (bestimmten) Indikatoren kann man abschätzen ob eine Lösung stark oder schwach sauer ist.

- Beispiel 6

S: [...] bei dem Universalindikator war es halt fünf verschiedene Farbtöne obwohl zwei davon auch so eine Übergangsfarbe waren, ja. [...] das hat man viel genauer gesehen als bei dem anderen, bei dem Lackmus. Ä-Ähm ... und bei dem Universal ähm kann man auch viel leichter erkennen ob es eine starke Säure ist oder eine nicht so starke Säure ist kann man auch ... besser feststellen.

(Interview L: #00:05:09# - #00:05:52#)

Paraphrase: Der Universalindikator eignet sich besonders gut zur Abschätzung des pH-Bereiches.

- Beispiel 7

S: [...] Er muss einmal zumindest entweder bei einer Säure oder einer Base die Farbe verändern. [...] Wenn er nur zum Beispiel bei den Säuren die Farbe ändert, ist er als Säureindikator eigentlich geeignet. [...]

(Interview L: #00:07:24# - #00:08:00#)

Paraphrase: Ein Stoff ist als Indikator geeignet, wenn er seine Farbe ändern kann. Ein Indikator, der einen einzigen Farbumschlag zeigt, kann beispielsweise dazu verwendet werden, zwischen neutralen und sauren Lösungen zu unterscheiden.

Wie auch beim vorherigen Interview kann trotz nicht in die Auswertung miteinbezogener Concept-Map aufgrund des stattgefundenen Interviews darauf geschlossen werden, dass der Schüler bzw. die Schülerin durch die Einheit sein bzw. ihr Wissensnetz erweitern konnte.

7. Fazit

Obwohl viele Schülerinnen und Schüler mit dem Erstellen der Concept-Maps Probleme hatten, und daher nur etwa die Hälfte der Concept-Maps in die Auswertung übernommen werden konnten, können die gewonnenen Ergebnisse maßgeblich zur Beantwortung der Forschungsfrage beitragen.

Zuerst soll die Eignung der Methode kurz diskutiert werden. Die Methode des Concept-Mappings hat sich nur teilweise als geeignet erwiesen, um die Erweiterung des Wissensnetzes jedes und jeder einzelnen Lernenden zu erheben. Probleme bei der Erstellung der Concept-Maps gab es vor allem bezüglich deren Struktur, da viele Schülerinnen und Schüler die Begriffe nicht in einer vernetzten Struktur, sondern als Liste darstellten. Auch die Darstellung von mehreren, kleinen und unzusammenhängenden Concept-Maps, anstatt einer großen zusammenhängenden, wurde von den Lernenden gewählt. Einige Personen zeichneten statt der Post-Map eine pH-Skala. Viele Schülerinnen und Schüler fertigten anstatt einer Concept-Map eine Mind-Map an, welche keine Beschriftungen (Nodes) der Links enthielt. Diese Variante konnte jedoch in die Auswertung einbezogen werden. Wie bereits erwähnt fand sich in der verwendeten Literatur zum Thema Concept-Maps keine Angabe zur Auswertung von anderen Grafiken als Concept-Maps. Daher wurden mit Ausnahme der Mind-Maps diese anders strukturierten Darstellungen nicht in die Auswertung aufgenommen. Hier ergeben sich sicherlich noch Ansatzpunkte für weitere Forschungen, wie hier kriteriengeleitet vorgegangen werden kann, da auch solche Darstellungen etwas über das Wissensnetz der Lernenden aussagen können.

Die schlussendlich gewonnenen Ergebnisse beruhen auf der Analyse der Concept-Maps jener Schülerinnen und Schüler, deren Prä- und Post-Map miteinander verglichen werden konnten. Dies traf auf 21 Lernende zu. Wie bereits angemerkt, sollte man jedoch keinesfalls von einer unzureichenden Erstellung der Concept-Maps auch auf eine unzureichende Konzeptentwicklung der Schülerinnen und Schüler schließen. Dass auch Lernende, welche bei der Darstellung mittels Concept-Maps Probleme hatten, etwas gelernt haben, wurde durch stichprobenartige Interviews bestätigt.

Die Auswertung der ausgewerteten Concept-Maps erfolgte nach den im Kapitel 4 angegebenen Kriterien. Gesamt gesehen, wurden dadurch die folgenden Veränderungen festgestellt:

- Die quantitative Zunahme der Concept Number von 10,6 auf 17,6 gibt einen Hinweis auf die Zunahme der Breite des Wissens.
- Der quantitative Hierarchical Structure Score (HSS) gibt die Komplexität der Struktur an. Diese steigt von 9,0 auf 12,9.
- Die quantitativen Chunks (Anstieg von 1,5 auf 2,8) und Crosslinks (Anstieg von 0,7 auf 0,8) zeigen wie gut Begriffe in einen gemeinsamen Kontext gesetzt werden können.
- Die quantitative Anzahl der Links (Anstieg von 12,0 auf 18,9) gibt an, wie gut vorheriges Wissen in neues integriert wird.
- Der qualitative Wissenszuwachs wurde durch den Richtigkeitswert (steigt von 1,0 auf 1,6) festgestellt.

Mittels all der genannten Parameter ließen sich auch die Prä- und die Post-Map eines jeden einzelnen Lernenden bzw. jeder einzelnen Lernenden miteinander vergleichen. Gesamt gesehen gab es niemanden, der sich in allen Kategorien verschlechterte oder gleichgeblieben ist. Es wird somit bestätigt, dass Schülerinnen und Schülern durch die Einführung in das Forschende Lernen ihr Wissensnetz erweitern konnten und somit an fachlichen Konzepten dazugelernt haben. Die Schülerinnen und Schüler haben jedoch auf unterschiedlichen Ebenen gelernt. Dies bedeutet bezogen auf Hay (2007), dass einige von ihnen nur oberflächlich gelernt haben, während der Lernerfolg anderer dem tiefen Lernen zuzuschreiben ist. Dieses Lernen hat jedoch in unterschiedlichen Ausprägungen bzw. auf verschiedenen Ebenen stattgefunden. Die gewonnenen Erkenntnisse decken sich mit den von Hay (2007) in der Literatur dargestellten Erwartungen an das Forschende Lernen.

Trotzdem sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass eine Ausweitung der Kriterien zur Analyse der Concept-Maps sinnvoll wäre. Obwohl durch stichprobenartige Interviews an drei Fällen beispielhaft dargestellt werden konnte, dass auch bei diesen Lernenden eine Erweiterung des Wissensnetzwerks erfolgte, ist es schade, dass graphische Darstellungen, welche nicht den in der Literatur dargestellten Anforderungen an Concept-Maps unterliegen, nicht ausgewertet werden konnten. Der Entwurf eines Analysetools, welches sich mit der Auswertung dieser Darstellungen befasst, bedarf einer weiteren Forschung, welche sicherlich interessante Ergebnisse mit sich bringen würde.

Ein weiterer Schwachpunkt dieser Arbeit findet sich inhaltlich bei Kapitel „Säuren und Basen“. Aufgrund der fachlich unangemessenen oder unklaren Darstellung dieses Themas während der durchgeführten Einheit wurden bei der Auswertung auch inhaltlich falsche Konzepte als

angemessen bewertet. Es sei nicht auszuschließen, dass die Erforschung des Wissensnetzes von Lernenden nach einer „richtig dargestellten“ Einheit andere Ergebnisse zeigen würde.

Auch die Analyse der Interviews könnte noch ausgeweitet werden. Dies bedeutet, dass einerseits mehr Interviews geführt werden könnten, andererseits, dass auch aus den Interviews von Schülerinnen und Schülern mit auswertbaren Concept-Maps weitere interessante Erkenntnisse über das Lernen zum Thema Säuren und Basen ableitbar wären.

Zusammenfassend können im Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten, die die Methode des Concept-Mappings zur Erhebung der Erweiterung des Wissensnetzes jedes und jeder einzelnen Lernenden einsetzen wollen, folgende Anregungen gegeben werden: Auf eine fachdidaktisch sensible und fachlich-inhaltlich angemessene Aufbereitung des jeweiligen fachlichen Themas (im vorliegenden Fall „Säuren und Basen“) wäre bei der Durchführung solch einer Studie genauer zu achten. Ebenfalls genaueres Augenmerk sollte auf die Einführung des Concept-Mappings gerichtet werden. Dies bedeutet, dass die Erstellung von Concept-Maps genauer erklärt und vorab mit den Lernenden verstärkt geübt werden sollte. Darüber hinaus wäre es sinnvoll, Analysemethoden zu finden, welche sich mit der Auswertung von „unangemessen“ dargestellten Concept-Maps befassen, sodass auch Listen, pH-Skalen und dergleichen in die Interpretation mitaufgenommen werden können.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, inwiefern sich eine Einführung in das Forschende Lernen (englisch: Inquiry Based Learning, kurz IBL) auf die fachliche Konzeptentwicklung zum Thema „Säuren und Basen“ von Schülerinnen und Schülern der neunten und zehnten Schulstufe auswirkt. Zudem soll geklärt werden, in welcher Weise sich Concept-Maps zur Erhebung dieser Konzeptentwicklung eignen.

Die Schülerinnen und Schüler kamen aus zwei verschiedenen Schulen: einer in der Stadt gelegenen BHS und einer AHS, welche sich in einem ländlicheren Gebiet befindet.

Die Einführung in das Forschende Lernen erfolgte anhand einer ca. vierstündigen Einheit, welche in beiden Gruppen durchgeführt wurde. Die Einheit wurde wie folgt aufgebaut: Nach einer kurzen Einführung in das Concept-Mapping folgte die Erstellung der ersten Concept-Map (Prä-Map) durch jede Schülerin und jeden Schüler. Im Anschluss wurde von der Lehrperson ein kurzer theoretischer Input zum Thema „Säuren und Basen“ gegeben. Anschließend fand die eigentliche Einführung in das Inquiry Based Learning (IBL) anhand von vier Versuchen statt.

Unter IBL wird ein Unterrichtsansatz verstanden, bei welchem Schülerinnen und Schüler aktiv in das Unterrichtsgeschehen eingebunden werden. Sie führen Aktivitäten durch, die einzelnen Schritten von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen im Forschungsprozess ähnlich sind (Abrams et al., 2008). Im schulischen Kontext findet IBL auf vier verschiedenen Level (0-3) statt. Diese Level können über verschiedene Grade der Offenheit beschrieben werden. Aktivitäten auf Level 0 sind geschlossener als jene auf Level 3. Je offener die Aufgabenstellungen sind, umso mehr Schritte werden von den Schülerinnen und Schülern selbst übernommen. Die Lehrperson gibt den Lernenden notwendige Hilfestellungen, auch bei den offenen Aktivitäten (Scaffolding).

Angelehnt an die Definition eines „Wissensnetzwerkes“, worunter man den Aufbau von Wissen durch die Vernetzung von Konzepten (auch Schlüsselbegriffe bzw. Concepts genannt) versteht (Hough et al., 2007) wurde für das Sichtbarmachen der fachlichen Konzeptentwicklung durch IBL die Methode des Concept-Mappings gewählt.

Concept-Maps können als grafisches Repräsentationswerkzeug verstanden werden. Konzepte werden um ein Key-Concept (Hauptthema/Überbegriff) angeordnet und miteinander verbunden. Im Gegensatz zu Mind-Maps können die Verknüpfungslinien (Links) zwischen Schlüsselbegriffen zusätzliche Wörter (Nodes) enthalten. Auf diese Art und Weise entsteht eine

hierarchische Anordnung von Concepts rund um ein zentrales Thema. Dadurch wird den Lernenden ermöglicht ihr Wissen besser zu strukturieren (Novak, 2005).

Jeder Schüler und jede Schülerin fertigte eine Prä-Map vor dem Forschenden Lernen und eine Post-Map nach dem Forschenden Lernen an. Anschließend erfolgte eine Auswertung, welche die beiden Maps jedes bzw. jeder Lernenden sowohl auf quantitativer als auch auf qualitativer Ebene miteinander verglich. Dadurch konnte festgestellt werden inwieweit eine Erweiterung des „Wissensnetzes“ stattgefunden hat.

Zusammenfassend lässt sich zur Methode des Concept-Mappings sagen, dass diese genauer eingeführt werden müsste, als es bei dieser Erhebung geschah. Etwa die Hälfte der Schülerinnen und Schüler hatte Probleme mit der Erstellung der Concept-Maps. Ihre Maps konnten gemäß den in dieser Arbeit ausgeführten Kriterien nicht ausgewertet werden.

Bei jenen, deren Prä- und Post-Map nach den in dieser Arbeit dargestellten Kriterien miteinander vergleichbar waren, konnte in allen Fällen zumindest für einige der Kriterien Erweiterungen des Wissensnetzwerks belegt werden. Um auch Personen mit nicht auswertbaren Concept-Maps zumindest stichprobenhaft in die Analyse miteinzubeziehen wurden mit drei dieser Schülerinnen und Schülern Interviews geführt. Deren Auswertung weist in allen drei Fällen ebenfalls auf eine Erweiterung des Wissensnetzwerks hin.

Abstract

This thesis focuses on whether an introduction of Inquiry Based Learning can improve the knowledge concerning the subject “acids and bases” of students of 9th and 10th grade.

The thesis starts with a theoretical part that contains four chapters: The first chapter deals with Inquiry Based Learning (IBL) as student-centred approach to learning and teaching (Blanchard et al, 2010). The second chapter gives a short overview of concepts to acids and bases. The third and fourth chapter explain the use of Concept-Maps as an analytical tool in science lessons and illustrate some parameters of Concept-Maps.

IBL is seen as student-centred approach. “Inquiry” refers to activities done by students that mimic some of the activities carried out by scientists. In the school context, the inquiry process can be divided into four different levels (0-3) which refer to different levels of openness. Level 0 activities are less open than those of level 3. The more open activities are, students make the more decisions. Even if activities take part at a more open level, teacher him- or herself is always included in the inquiry-process as a scaffolder.

Concept-Maps can be understood as a graphical representation. Central concepts of a topic are linked to each other. In marked contrast to mind-maps, links can contain linking-words or linking-phrases. In this way a hierarchical order of concepts around a central topic is produced, which helps students to better structure their knowledge.

The participants were students of two different schools: one city-based BHS¹⁵ and one AHS¹⁶ based at a more rural area. To manifest the changes of students’ knowledge during the research process, they constructed Concept-Maps – one Pre-Map in advance and one Post-Map afterwards. The analysis focuses on comparing and discussing the maps.

To sum up, Concept-Mapping proved not to be an optimal method for reconstructing the students’ learning. Above all, about 50% of the students showed problems in constructing the Concept-Maps. However, with those students who could manage to construct a comparable Pre- and Post-Map there could be documented some progress in learning about acids and bases for each of them.

15 Berufsbildene Höhere Schule, five-year school which graduates with the Austrian Matura and a professional training.

16 Allgemeinbildene Höhere Schule, four-year school which graduates with Austrian Matura.

Literaturverzeichnis

- Abels, S., Puddu, S., & Lembens, A. (2014). Wann flockt die Milch im Kaffee? Mit „Mysteries“ zu differenziertem Forschenden Lernen im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 24(142), S. 37-41.
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), S. 1945-1969.
- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2008). Introduction. Inquiry in the classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Ed.), *Inquiry in the classroom. Realities and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information Age Publishing.
- Arrhenius, S. (1903). *Development of the theory of electrolytic dissociation**. Abgerufen am 02. April 2019 von nobelprize.org: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/arrhenius-lecture.pdf>
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Heidelberg: Springer.
- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! *Chemie & Schule*, 30(1), S. 10-15.
- Besterfield-Sacre, M., Lyons, M., Gerchak, J., & Shuman, L. (2004). Scoring Concept Maps: An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 93(2).
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, 94(4), S. 577-616.
- Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In J. M. Zee (Ed.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science*, S. 20-46.
- Carr, M. (1984). Model confusion in chemistry. *Research in Science Education*, 14(1), S. 97-103.
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science Scope*, 23(6), S. 42-44.
- Crawford, B. A. (2000). Embracing the Essence of Inquiry: New Roles for Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), S. 916-937.
- de Jong, O., & van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(4), S. 477-491.
- Dewey, J. (1938). *Logic. The Theory of Inquiry*. New York: Henry Holt and Company.

- Drechsler, M., & Schmidt, H.-J. (2005). Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(1), S. 19-35.
- Europäische Kommission. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung jetzt: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas*. erschienen 23.10.2008, aus http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_de.pdf.
- Freiman, T., & Schlieker, V. (2001). Concept Map/Begriffsnetz. *Unterricht Chemie* 8(50), S. 58-63.
- Greene, B., Lubin, I., Slater, J., & Walden, S. (2013). Mapping Changes in Science Teacher's Content Knowledge: Concept-Maps and Authentic Professional Development. *Journal of Science Education and Technology*, 22(3), S. 287-299.
- Hay, D. B. (2008). Using concept maps to measure deep surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 33(3), S. 39-57.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, G. R., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Krischner, Sweller and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2) S. 99-107.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), S. 201-217.
- Höttecke, D. (2012). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In S. Bernhold (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. GDGP-Jahrestagung in Hannover* (S. 32-45). Kiel: IPN.
- Hough, S., O'Rode, N., Terman, N., & Weissglass, J. (2007). Using concept maps to assess change in teachers' understandings of algebra: a respectful approach. *Journal of Mathematics Teacher Educ*, 10(1), S. 23-41.
- Irndorfer, M. (2016). *Fachwissenserwerb beim Forschenden Lernen in einer Lernwerkstatt*. (Diplomarbeit). Universität Wien.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), S. 75-83.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), S. 9-15.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (1999). A cause of ahistorical science teaching: Use of hybrid models. *Science Education*, 83(2), S. 163-177.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2000). Science History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of "the atom". *International Journal of Science Education*, 22(9), S. 993-1009.

- Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. Abgerufen am 03. April 2019 von <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00002202/beyond-appearances?cmpid=CMP00007478>
- Klika, D. (2016). *Unterschiedliche Ziele von Lehrperson und SchülerInnen während des Experimentierens im Chemieunterricht - Eine Videoanalyse Forschenden Lernens nach Grounded Theory*. (Diplomarbeit). Universität Wien.
- Koliander, B. (2017). *Laborpraxis im Chemieunterricht - Ziele und Wege österreichischer Lehrpersonen*. (Dissertation). Universität Wien.
- Koliander, B., & Puddu, S. (2011). Versuche zum Thema Energie - vom Kochrezept zum Forschenden Lernen. Nachlese zum Workshop am VCÖ Kongress. *Chemie & Schule* 26(3), S. 18-21.
- Koliander, B., & Puddu, S. (2013). Diversität beim Forschenden Lernen. Berücksichtigung von Migration und Alter im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht*, 24(135), S. 26-30.
- Lederman, N., Gess-Newsome, J., & Latz, M. (1994). The nature and development of preservice science teachers' conceptions of subject matter and pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), S. 1229-146.
- Lembens, A., & Becker, R. (2017). Säuren und Basen - Stolpersteine für SchülerInnen, Studierende und Lehrende. *Chemie & Schule*, 1/2017, S. 12-15.
- Lembens, A., & Reiter, K. (2018). Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of How to Teach 'Acids and Bases'. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Ed.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2017 Conference: Research, Practice and Collaboration in Science Education* (S. 1660-1668). Dublin, Ireland: European Science Education Research Association.
- Lembens, A., & Reiter, K. (2018). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen‘ – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Regensburg 2017* (S. 432-435). Universität Regensburg.
- Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C., & Reiter, K. (2019). Conceptual Coherence Maps als Instrument zur Analyse von Schulbüchern. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Kiel 2018* (S. 161-164). IPN Kiel.
- Lin, J.-W., & Chiu, M.-H. (2010). The Mismatch between Students' Mental Models of Acids/Bases and their Sources and their Teacher's Anticipations thereof. *International Journal of Science Education*, 32(12), S. 1617-1646.

- Mostafa, T. (2018). *How do science teachers teach science - and does it matter?* PISA in Focus, No. 90 . Paris: OECD Publishing. Abgerufen am 04. April 2019 von <https://doi.org/10.1787/f3ac3fd6-en>
- Novak, J. D. (2005). Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 35(1), S. 23-40.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. *Technical Report IHMC CmapTools*, S. 1-36.
- Oelkers, J. (2010). *Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts*. Abgerufen am 02. April 2019 von https://edudoc.ch/record/37008/files/01-2010_oelkers.pdf
- Oversby, J. (2000). Models in explanations of chemistry: the case of acidity. In J. Gilbert, & C. Boulter (Ed.), *Developing models in science education* (S. 227-251). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Roseman, J., Stern, L., & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), S. 47-50.
- Rychen, D. S., Salganik, L. H., & McLaughlin, M. E. (2003). *Contributions to the Second DeSeCo Symposium*. Genf: Swiss Federal Statistical Office.
- Sawyer, K. R. (2006). Introduction: The New Science of Learning. In K. R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (S. 1-18). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schanze, S. (2016). Säuren und Basen. Der Säure-Base-Begriff im Spannungsfeld der historischen und fachdidaktischen Entwicklung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 27(5), S. 2-9.
- Schwab, J. J. (1960). Inquiry, the Science Teacher, and the Educator. *The School Review*, S. 176-195.
- Schmidt, H.-J. (1991). A label as a hidden persuader Chemists neutralization concept. *International Journal of Science Education*, 13(4), S. 459-471.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., & Herweg, C. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), S. 799-821.
- Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), S. 156-158.
- Van Driel, J., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), S. 1141-1153.
- Van Driel, J., & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), S. 1255-1272.

Anhang

A.1 Versuchsanleitungen

1. Level 0 - 1: Versuch zur Einführung in den Umgang mit Indikatoren, anhand des Beispiels „Lackmus“.
2. Level 1: Versuch zum Umgang mit Universalindikator
3. Level 2: Farbstoffe auf ihre Fähigkeit als Indikator prüfen.
4. Level 2: Forschungsaufgabe zum Thema Indikator („Farben mischen“)

Arbeitsblatt Indikatoren

Ziel: Einführung in den praktischen Umgang mit Indikatoren

Material: Mikrotiterplatten

Lackmusindikator, verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge, Wasser

 Achtung!	Schutzbrille! Saure und basische Lösungen können Haut und Augen ätzen! Bei Hautkontakt die Stelle abspülen! Kontakt mit den Augen vermeiden!
---	---

Protokoll

Namen der Gruppenmitglieder:

Datum: _

Schriftführer/in:

Durchführung:

1. Gebt in je drei der Vertiefungen in der Platte zwei Tropfen Lackmuslösung.
2. Fügt im ersten Gefäß 5 Tropfen verdünnte Salzsäure dazu.
3. Fügt im zweiten Gefäß 5 Tropfen Wasser dazu.
4. Fügt im dritten Gefäß 5 Tropfen verdünnte Natronlauge dazu.
5. Schreibt die Farben des Indikators in folgende Tabelle!

Beobachtung:

Ergänzt die Tabelle mit euren Beobachtungen!

	saure Lösung (Zugabe von Salzsäure, verdünnt)	basische Lösung (Zugabe von Natronlauge, verdünnt)	neutral (Wasser)
Farbe von Lackmus			

Erklärung:

Säure-Basen-Indikatoren können zwei verschiedene Farben annehmen, sie schlagen in einem für sie spezifischen pH-Bereich von einer Farbe auf die andere um.

Weiterführende Aufgabenstellung: Versucht, die Farbe in der ersten Vertiefung von rot auf blau zu ändern!

Und in der dritten Vertiefung von blau auf rot!

Universalindikator Einführung

Ziel: Welche Farben zeigt der Universalindikator in sauren, neutralen und basischen Lösungen?

Material: Mikrotiterplatten
Universalindikator, verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge, Wasser

 Achtung!	Schutzbrille! Saure und basische Lösungen können Haut und Augen ätzen! Bei Hautkontakt die Stelle abspülen! Kontakt mit den Augen vermeiden!
---	--

Durchführung:

1. Gebt in drei Vertiefungen der Mikrotiterplatte etwa 5 Tropfen der folgenden Lösungen, merkt euch die Reihenfolge!

Beobachtung:

Nutzt die folgende Tabelle, um den pH-Wert abzuschätzen und schreibt die jeweilige Farbe dazu:

Säure/Lauge Konzentration	Säure 0,1 mol/l (direkt aus dem Fläschchen)	Wasser	Lauge 0,1 mol/l (direkt aus dem Fläschchen)
pH-Wert	1	7	13
Farbe des Indikators			

Beantwortet folgende Frage:

Was ist der Unterschied zwischen einem normalen Säure-Basen-Indikator und einem Universalindikator?



Farbstoffe als Indikatoren

Ziel: Versuche selber planen, durchführen und interpretieren

Es soll nach eurem eigenen Plan getestet werden, welche von den vorhandenen Farbstoffen als Indikator geeignet sind.

Protokoll führen!

Achtung! Ihr arbeitet mit sauren und basischen Lösungen! Die Augen sind gefährdet!
Schutzbrillen aufsetzen!

Materialien:

Verschiedene Farbstoffe

Sonstige Chemikalien nach eurer Wahl

Ziel ist:

Von einigen der Farbstoffe mit möglichst hoher Sicherheit herausfinden, ob man diesen Farbstoff als Säure-Basen-Indikator verwenden könnte

Entsorgung: Alle Lösungen werden in einem großen Becherglas gemeinsam gesammelt und am Schluss neutralisiert. Danach darf die neutrale Lösung über das Kanalnetz entsorgt werden.



Farben mischen

Ziel: Weiterführende Fragen stellen, denen experimentell nachgegangen werden kann

Ausgehend von einem angeleiteten Versuch sollen Fragen an die „Stoffe“ gestellt werden, denen mit einfachen Experimenten nachgegangen werden kann.

Protokoll (Anhang) führen!

Achtung! Ihr arbeitet mit sauren und basischen Lösungen! Die Augen sind gefährdet!
Schutzbrillen aufsetzen!

Materialien:

Eine gelbe und eine blaue Lösung

Sonstige Chemikalien nach eurer Wahl

Gemeinsam mit der ganzen Klasse: Welche Farbe wird herauskommen, wenn Lösung A und Lösung B gemischt werden?

Die Vermutungen werden an der Tafel gesammelt.

Jede Gruppe bekommt die beiden Lösungen und mischt gleiche Mengen von A und B.

Nun werden von allen Gruppen einzelne Fragen aufgeschrieben, die über diese Stoffe gestellt werden könnten. Danach wird den Fragen nach Möglichkeit experimentell nachgegangen.

Entsorgung: Alle Lösungen werden in einem großen Becherglas gemeinsam gesammelt und am Schluss neutralisiert. Danach darf die neutrale Lösung über das Kanalnetz entsorgt werden.

Protokoll für Fragen und einen selbstgeplanten Versuch

Namen der Gruppenmitglieder:

Name des Schriftführers/ der Schriftführerin:

Datum:

Unsere Fragen:

Planung und Vermutung: (was werden wir tun, was erwarten wir)

Beobachtungen: (was haben wir gesehen, gerochen, gemessen...)

Interpretation: (wie erklären wir theoretisch, was wir beobachtet haben)

Informationen für die Lehrperson:

Information:

Der Farbstoff E 131, Brillantblau V, reagiert als Säure-Basen-Indikator. Die Farbänderung findet im stark sauren Bereich, bei pH=2 statt. Die Farbe verändert sich in ein klares Gelb.

Vorbereitung:

Den Schülerinnen und Schülern wird ein Gefäß mit Brillantblau V bei pH=1 (gelbe Lösung) und ein Gefäß mit Brillantblau V bei pH=7 vorgegeben.

Hinweise:

Die Mischung gleicher Mengen ergibt eine gelbe Lösung. Erwartet werden sollte eine grüne Lösung, da blau und gelb beim subtraktiven Farbmischen grün ergeben.

Die Idee, dass es sich hier irgendwie wieder um Säure-Basen-Indikatoren handelt, drängt sich nach den Vorversuchen auf.

Die Schülerinnen und Schüler planen Versuche, die Farbveränderungen bei Zugabe von Säuren oder Basen zeigen sollen.

Oft wird nicht erkannt, dass in beiden Lösungen der gleiche Farbstoff enthalten ist. Das ist aber auch nicht unbedingt notwendig. Es reicht schon, wenn eine Gruppe nachweist, dass der blaue Farbstoff bei Zugabe von Säure gelb wird.

WICHTIG: Die Lehrperson sollte nicht als allwissend auftreten, jede sinnvolle Argumentation auf Basis von Daten soll wertgeschätzt und akzeptiert werden.

A.2 Aufgabenzettel Concept-Map



Concept-Map zu Säuren und Basen

Aufgabe: Erstelle mit den folgenden Begriffen¹ eine Concept-Map:
ätzend; basisch, H^+ -Ionen, H_2O , Haut, HCl , Indikator, Lackmus, Lauge, $NaOH$, neutral, Neutralisation, OH^- -Ionen, $pH < 7$,
 $pH = 0$, $pH > 7$, Phenolphthalein, pH -Wert, Rotkrautsaft, Salze, sauer, Seife

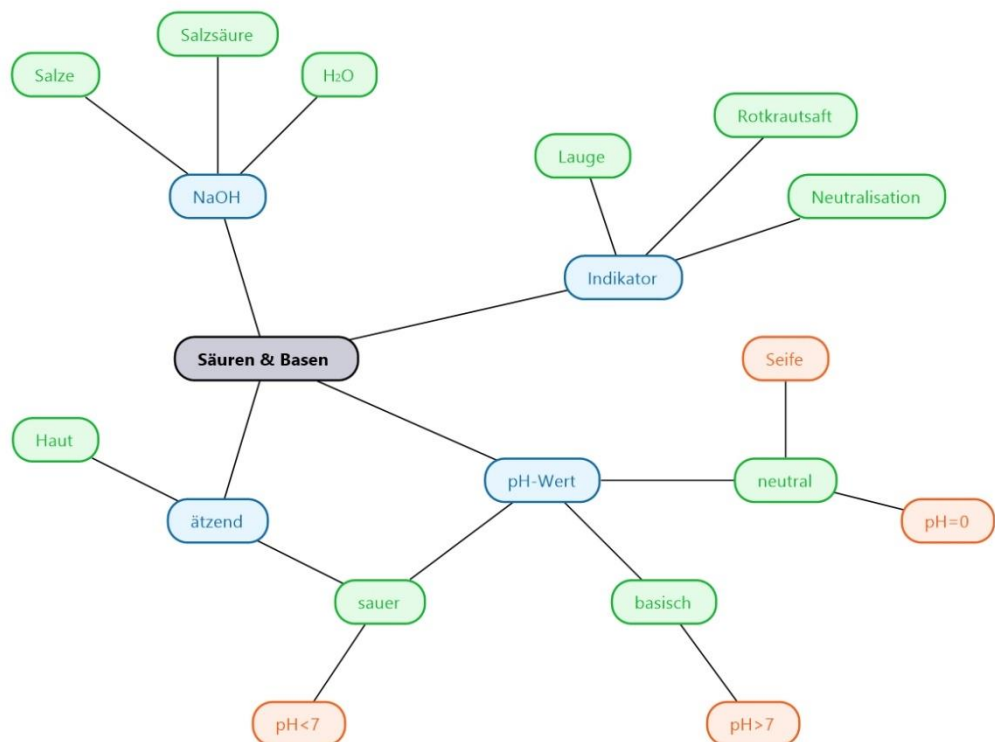
¹ Begriffe die du nicht einordnen kannst, darfst du weglassen. Genauso darfst du auch Begriffe ergänzen, welche nicht in der vorhandenen Liste enthalten sind

A.3 Auswertung und digitalisierte Concept-Maps

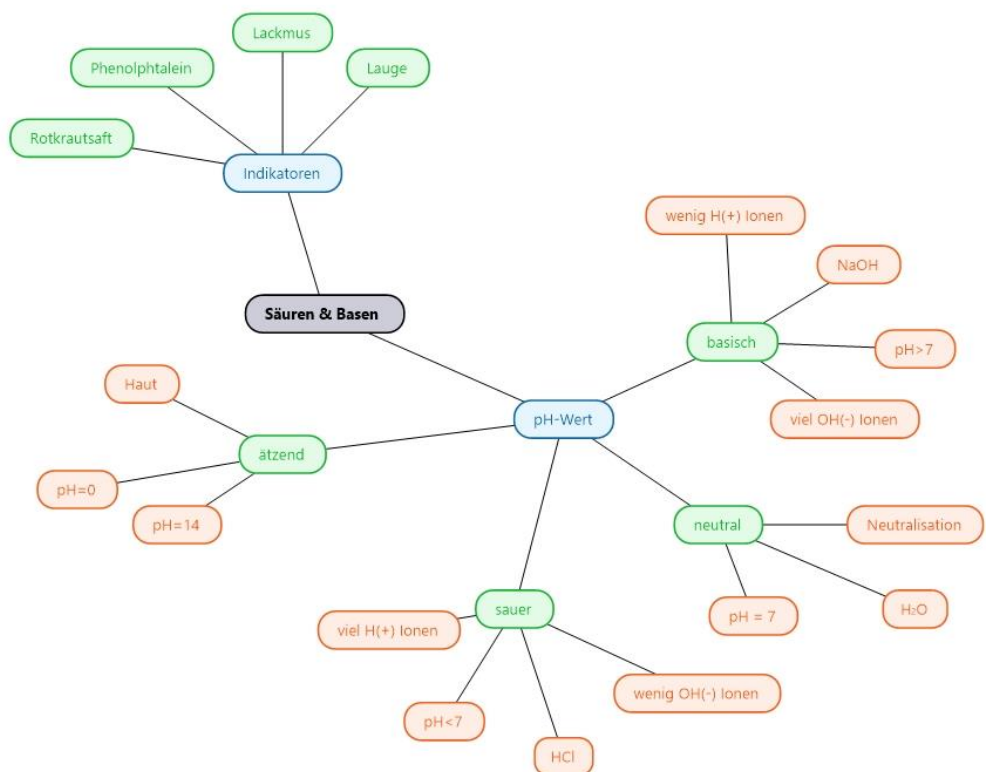
Bei der Digitalisierung der Concept-Maps wurde darauf geachtet, diese dem Original so ähnlich wie möglich zu gestalten. Im Original auftretende (Rechtschreib-)Fehler wurden auch in den digitalisierten Versionen übernommen. Hochzahlen werden in Klammern dargestellt, z.B. H(+)-Ionen entspricht H⁺-Ionen. Die Digitalisierung fand mit dem Programm „Mindjet MindManager 2019“ statt. Grün hinterlegte Tabellen deuten darauf hin, dass die Concept-Maps des jeweiligen Probanden bzw. der jeweiligen Probandin in die Auswertung miteinbezogen werden konnten. Bei rot hinterlegten Tabellen war dies nicht der Fall.

	A	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	18	24
Width	10	14
Depth	3	3
HSS	13	17
Chunks	5	6
Crosslinks	1	0
Link Number	19	24
Fehlerhafte Links	11	3
Anteil Fehler in %	57,9%	12,5%
Richtigkeitswert	0	3

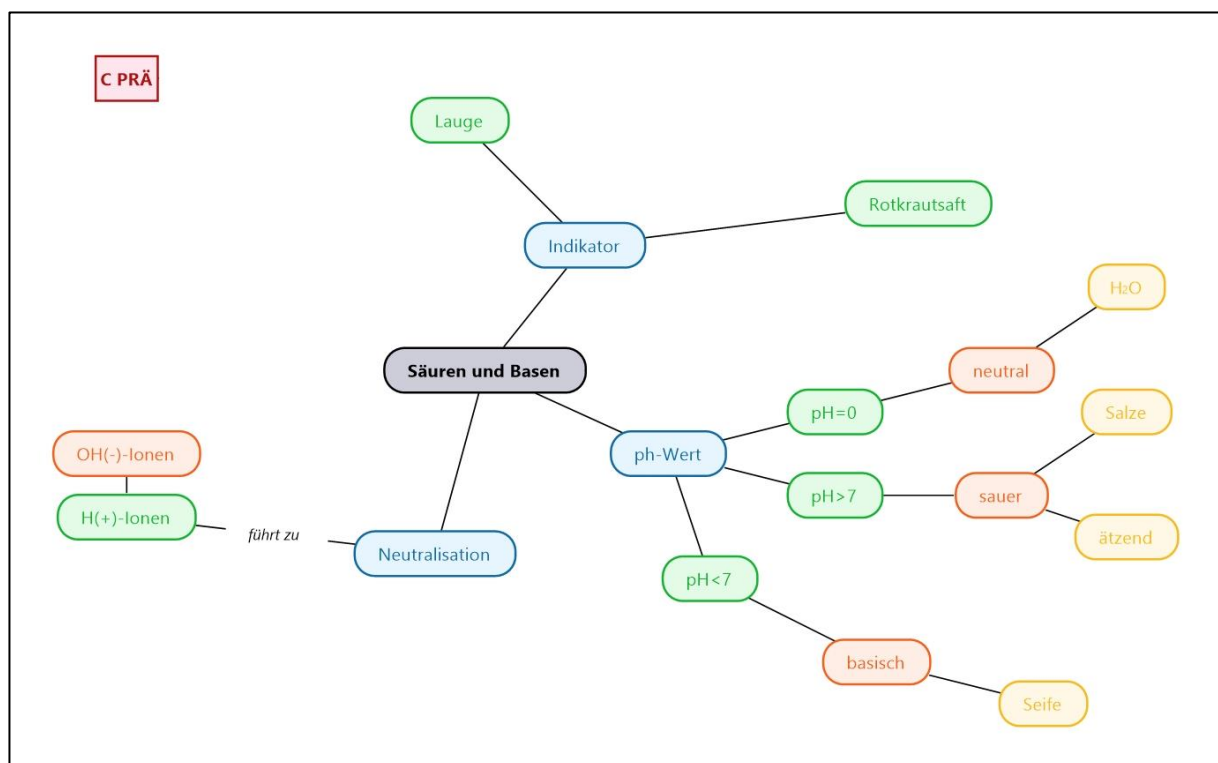
A PRÄ

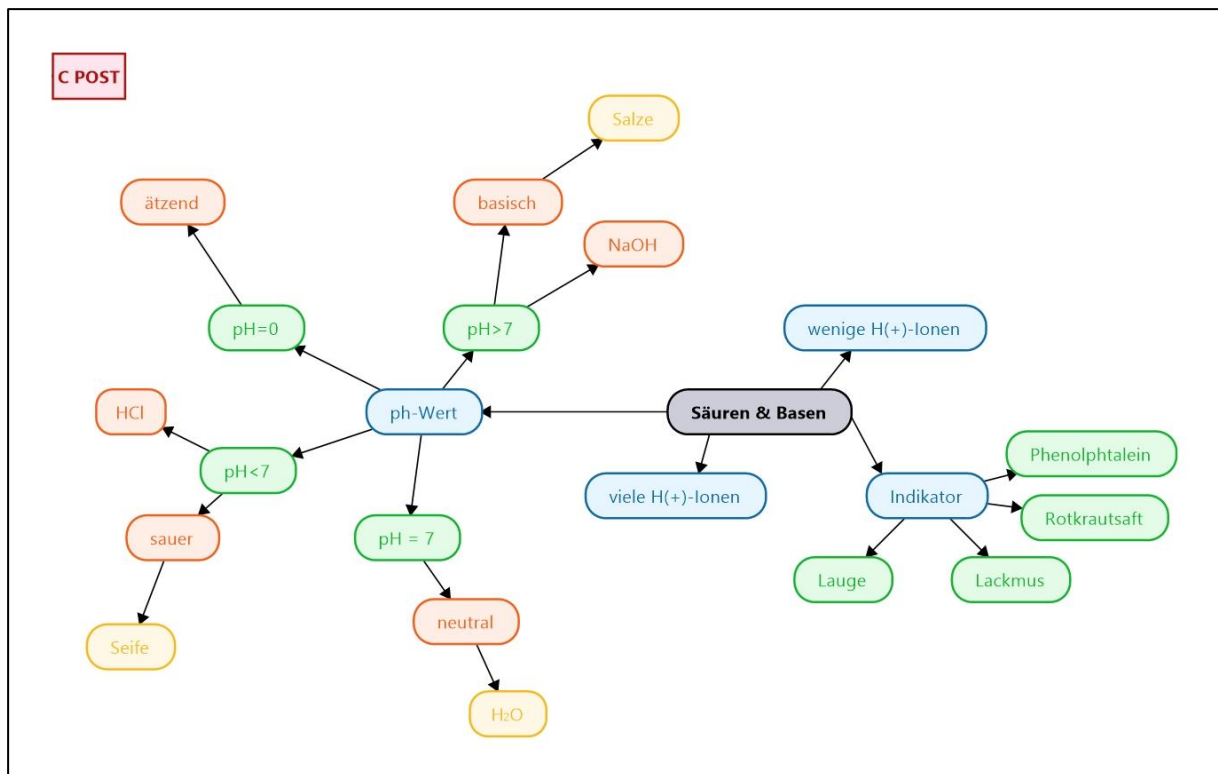


A POST



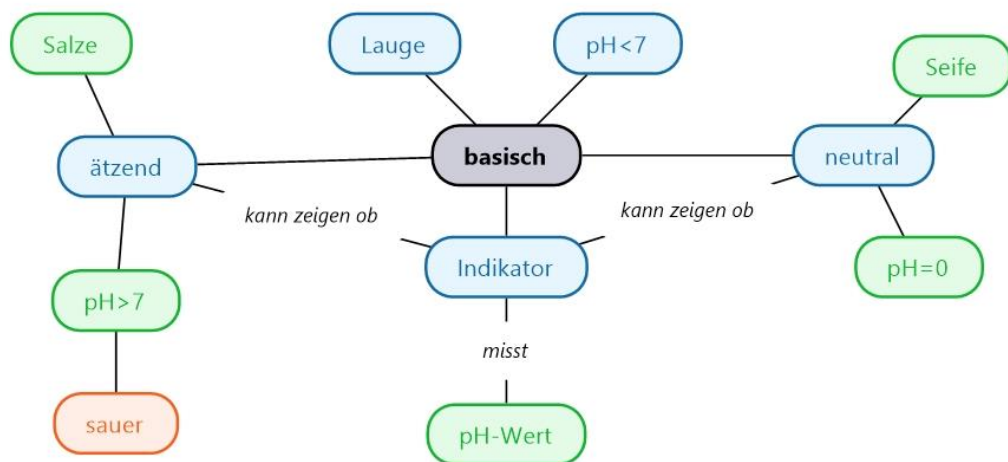
	C	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	17	21
Width	6	8
Depth	4	4
HSS	10	12
Chunks	3	4
Crosslinks	0	0
Link Number	17	21
Fehlerhafte Links	7	5
Anteil Fehler in %	41,2%	23,8%
Richtigkeitswert	1	2



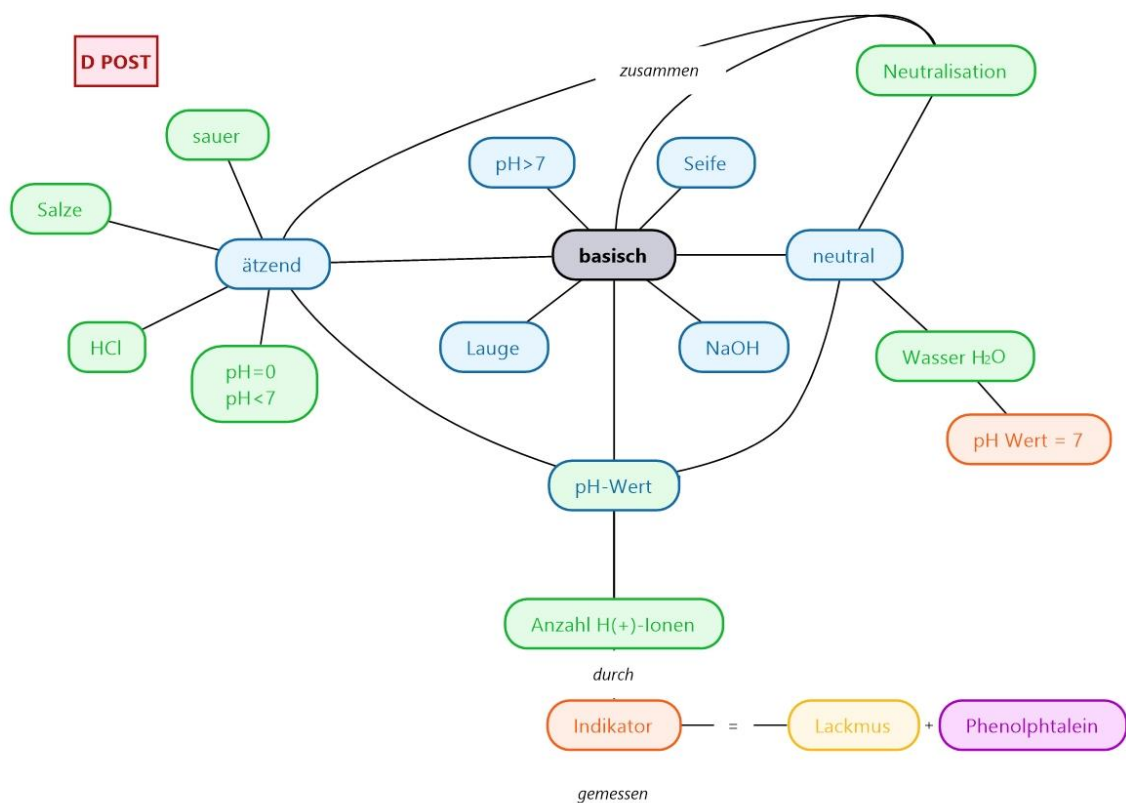


	D	
	Prä	Post
Key Concept	basisch	
Concept Number	11	18
Width	5	7
Depth	3	5
HSS	8	12
Chunks	2	2
Crosslinks	0	4
Link Number	13	22
Fehlerhafte Links	8	6
Anteil Fehler in %	61,5%	27,3%
Richtigkeitswert	0	2

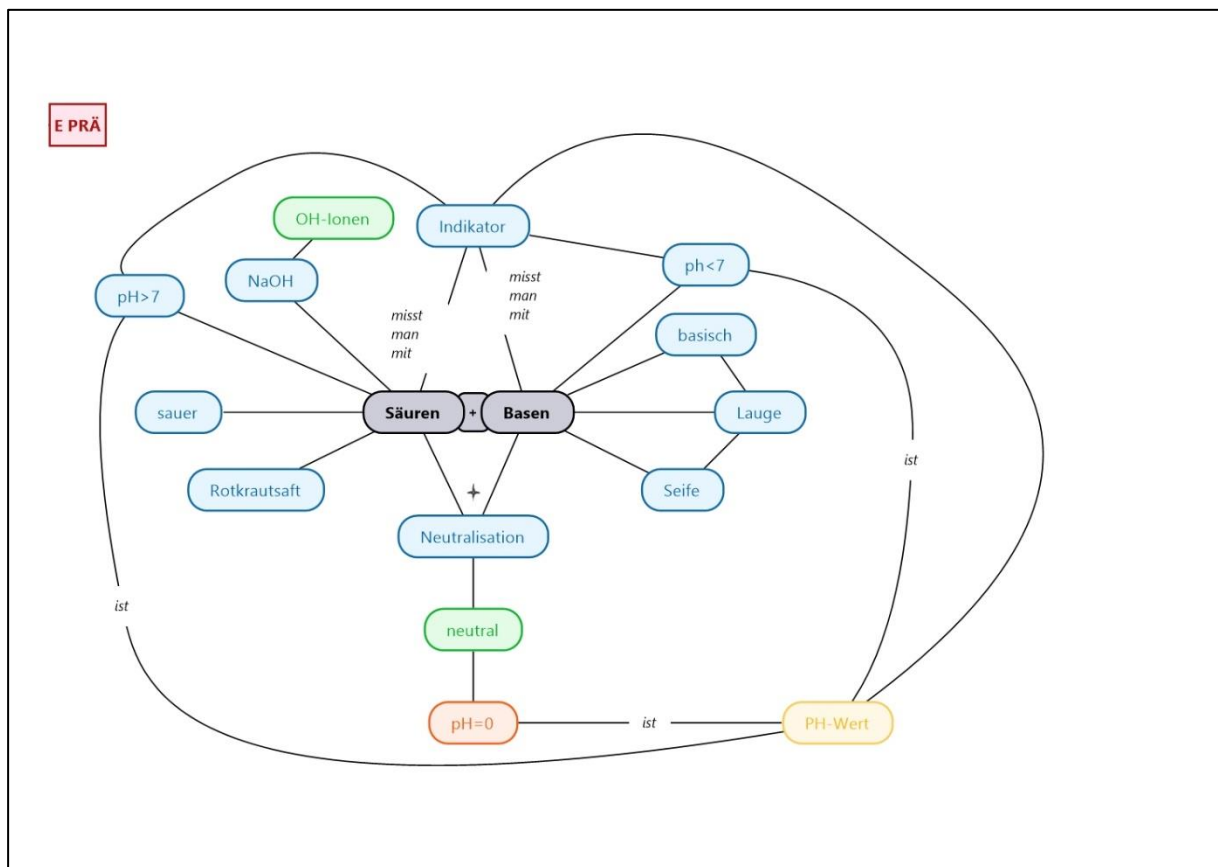
D PRÄ



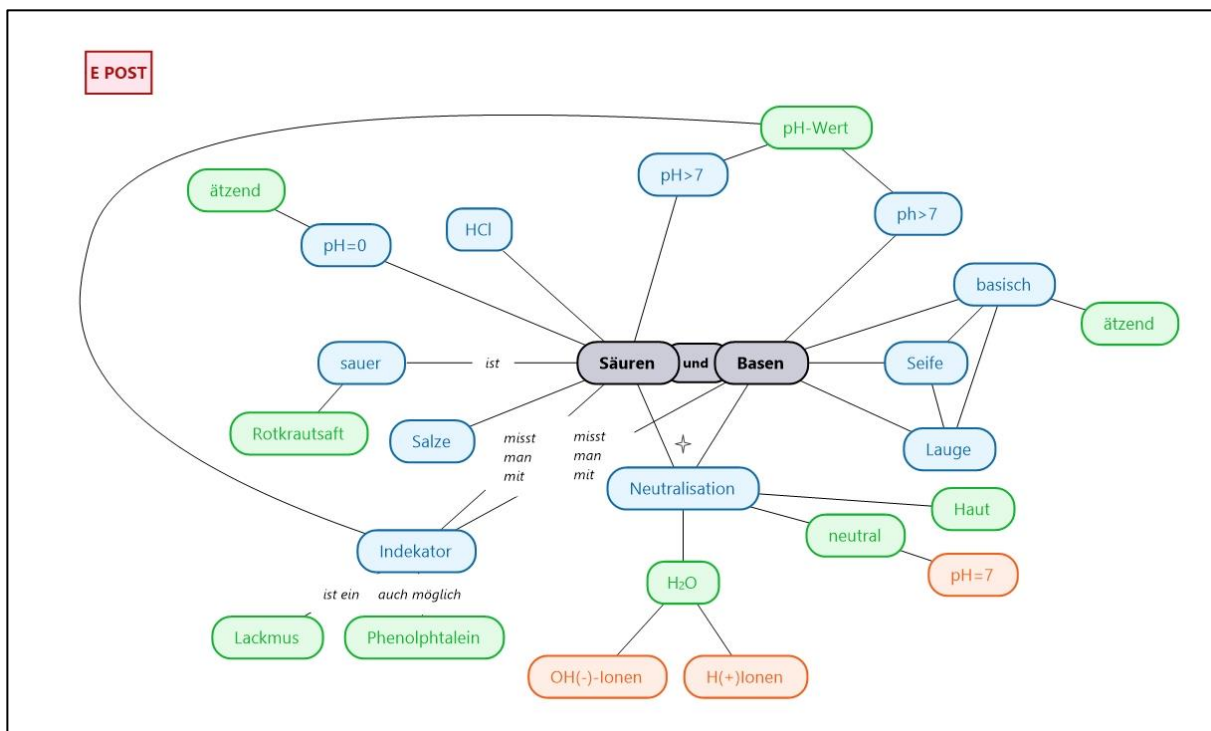
D POST



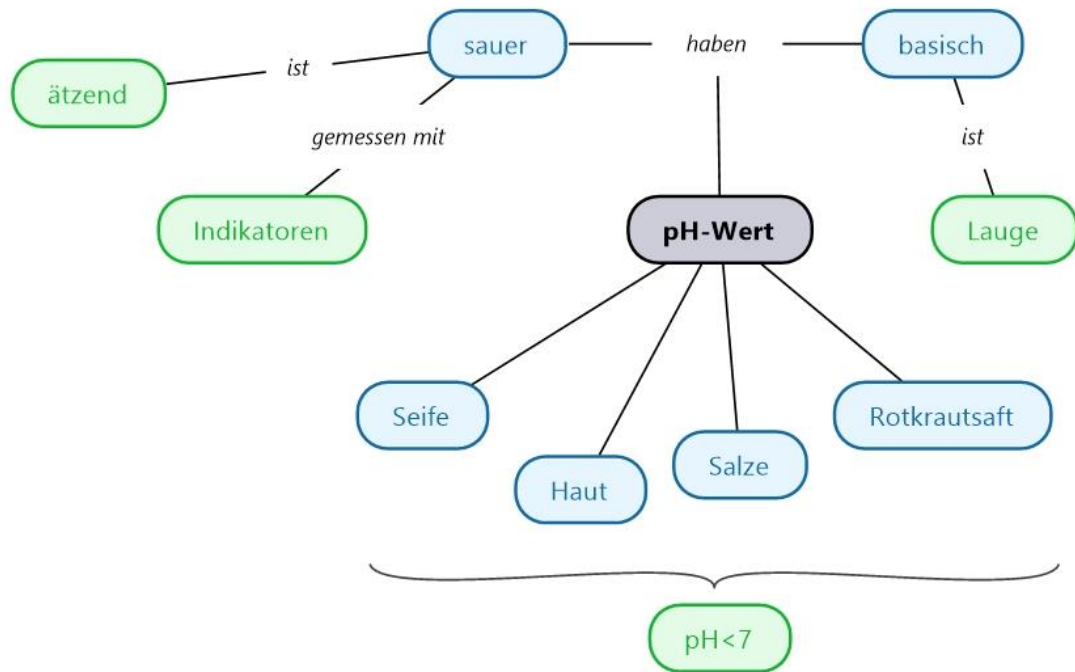
	E	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	13	24
Width	10	13
Depth	4	3
HSS	14	16
Chunks	0	3
Crosslinks	0	1
Link Number	22	30
Densitiy Score	20,4	28,8
Fehlerhafte Links	5	5
Anteil Fehler in %	22,7%	16,7%
Richtigkeitswert	2	2



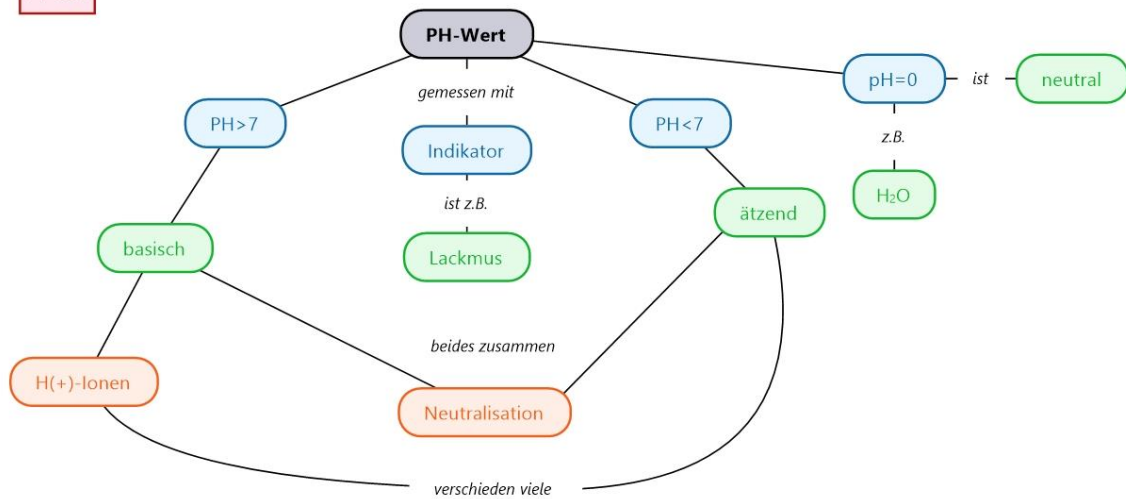
	F	
	Prä	Post
Key Concept	pH-Wert	
Concept Number	10	11
Width	6	5
Depth	2	3
HSS	8	8
Chunks	1	3
Crosslinks	0	0
Link Number	13	13
Fehlerhafte Links	8	4
Anteil Fehler in %	61,5%	30,8%
Richtigkeitswert	0	2



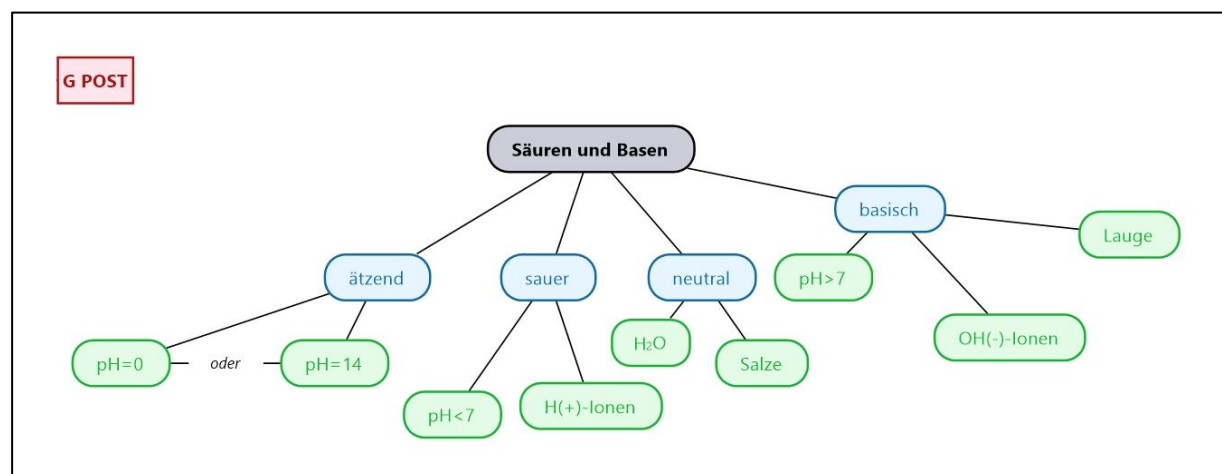
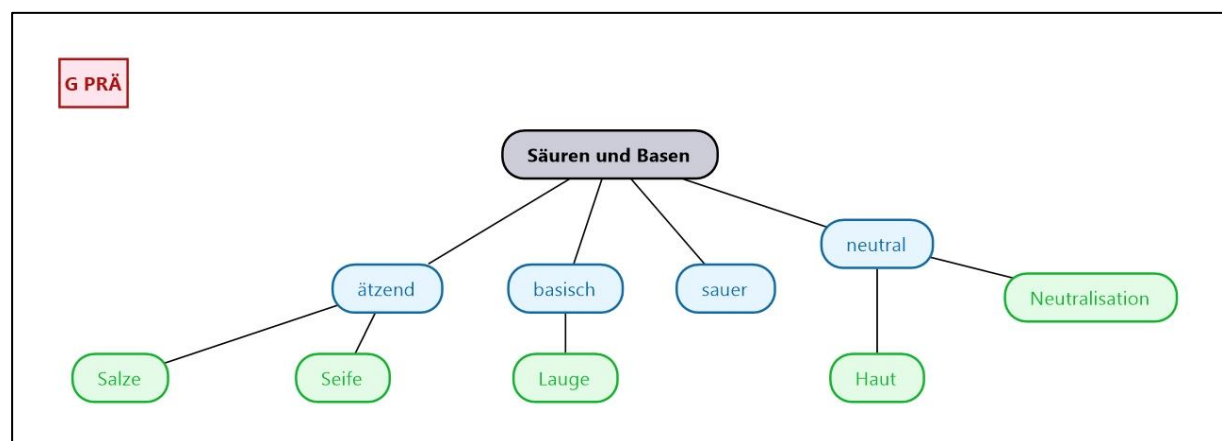
F PRÄ



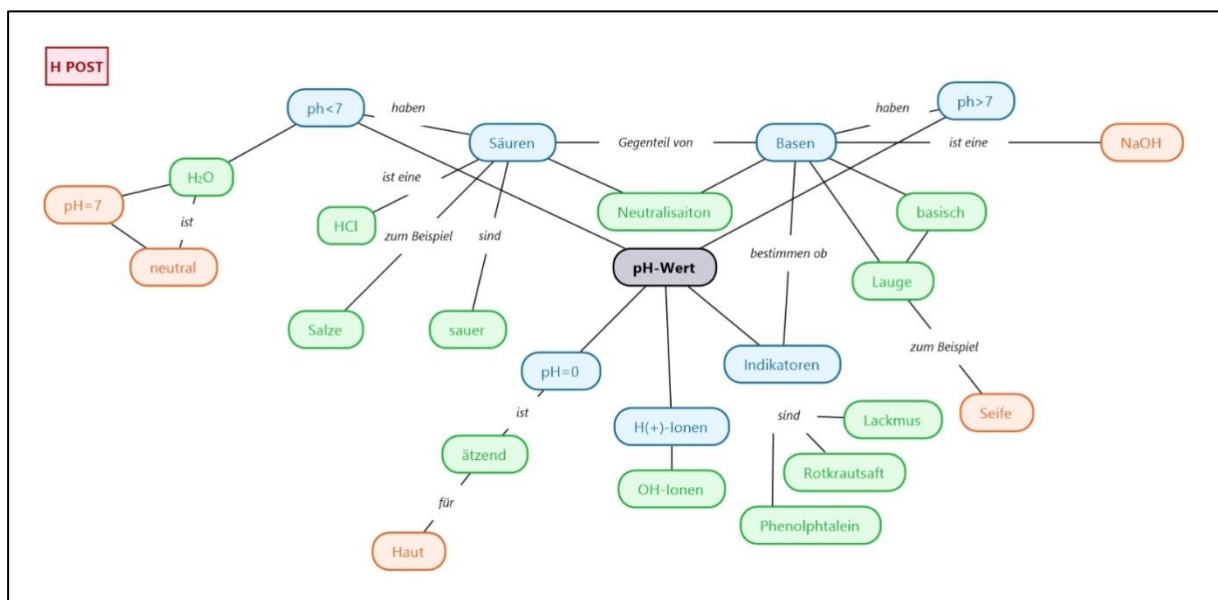
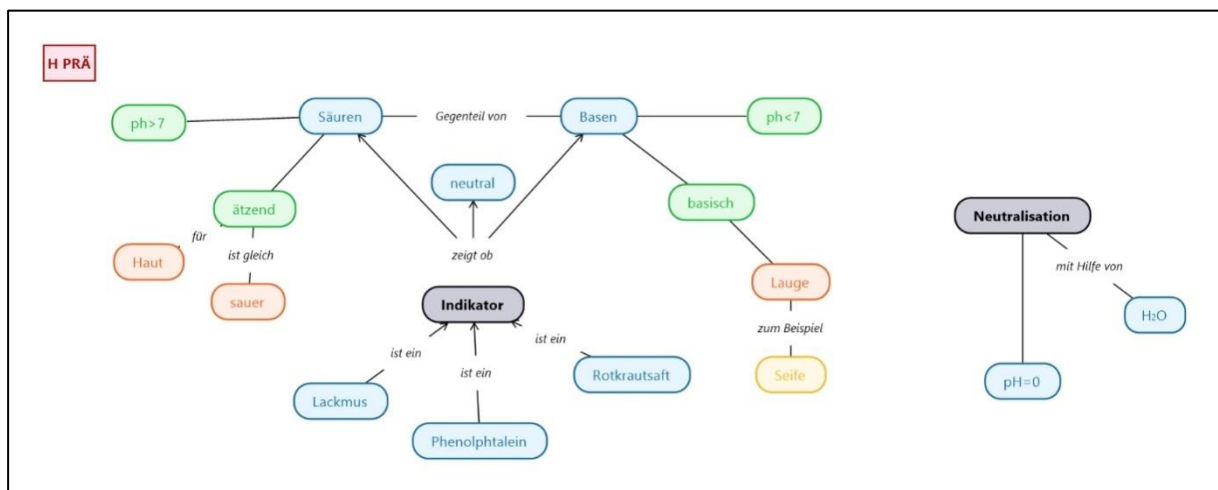
F POST



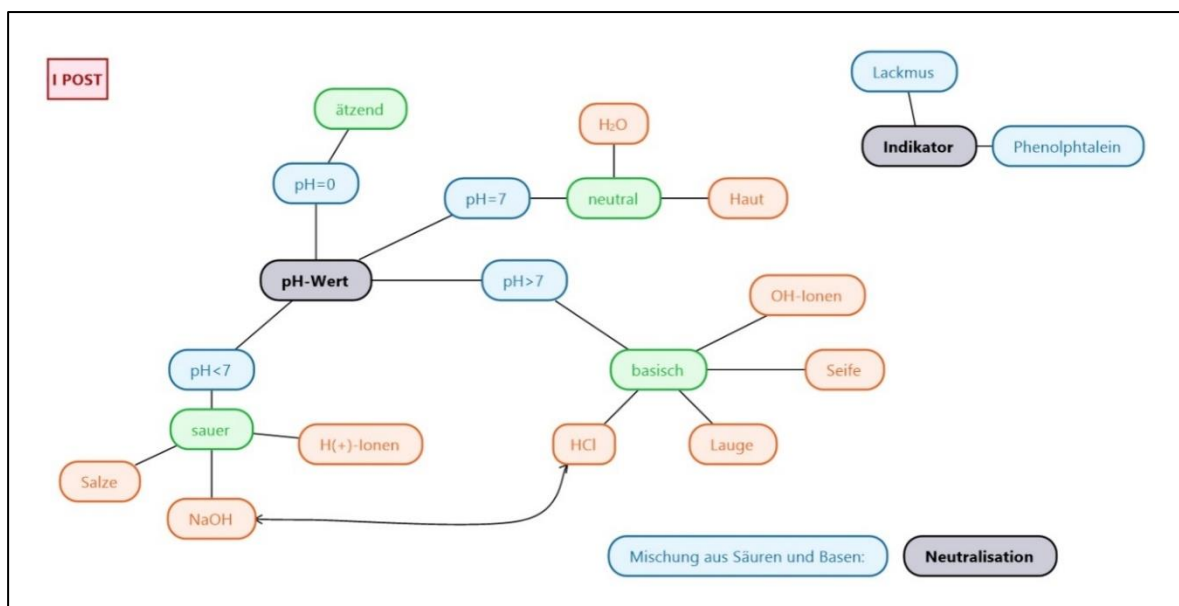
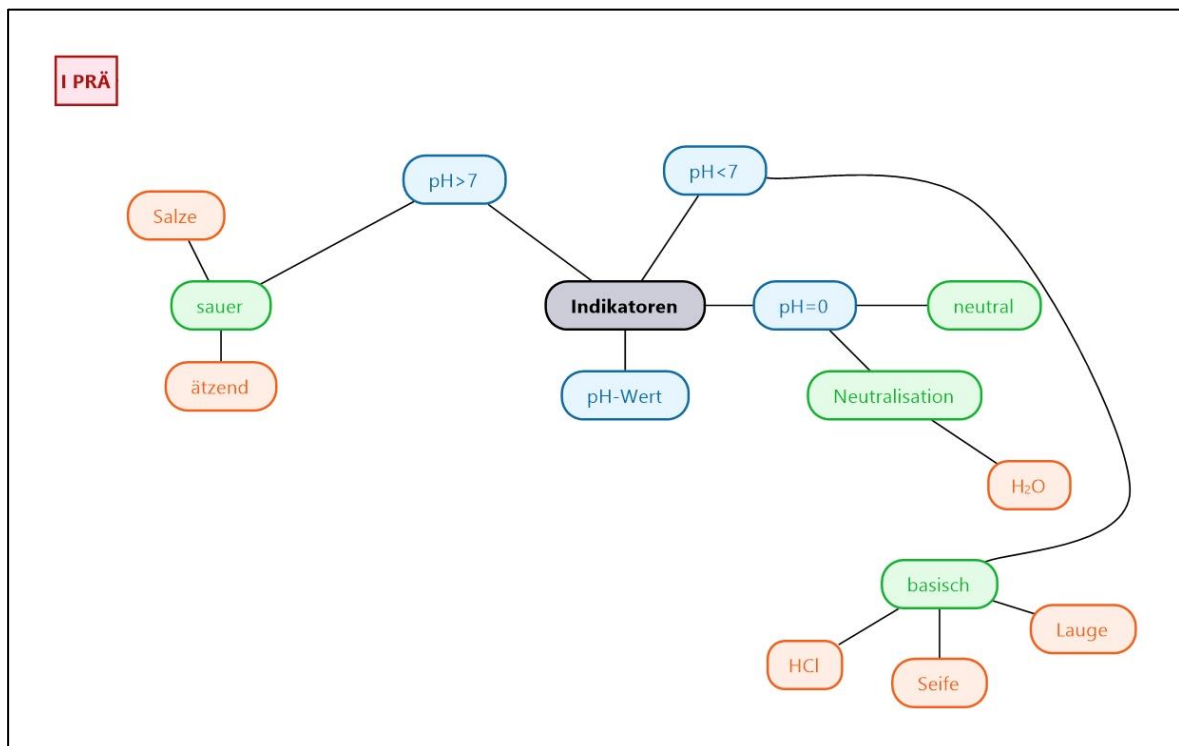
	G	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	9	13
Width	5	9
Depth	2	2
HSS	7	11
Chunks	2	4
Crosslinks	0	0
Link Number	14	13
Fehlerhafte Links	3	3
Anteil Fehler in %	21,4%	23,1%
Richtigkeitswert	2	2



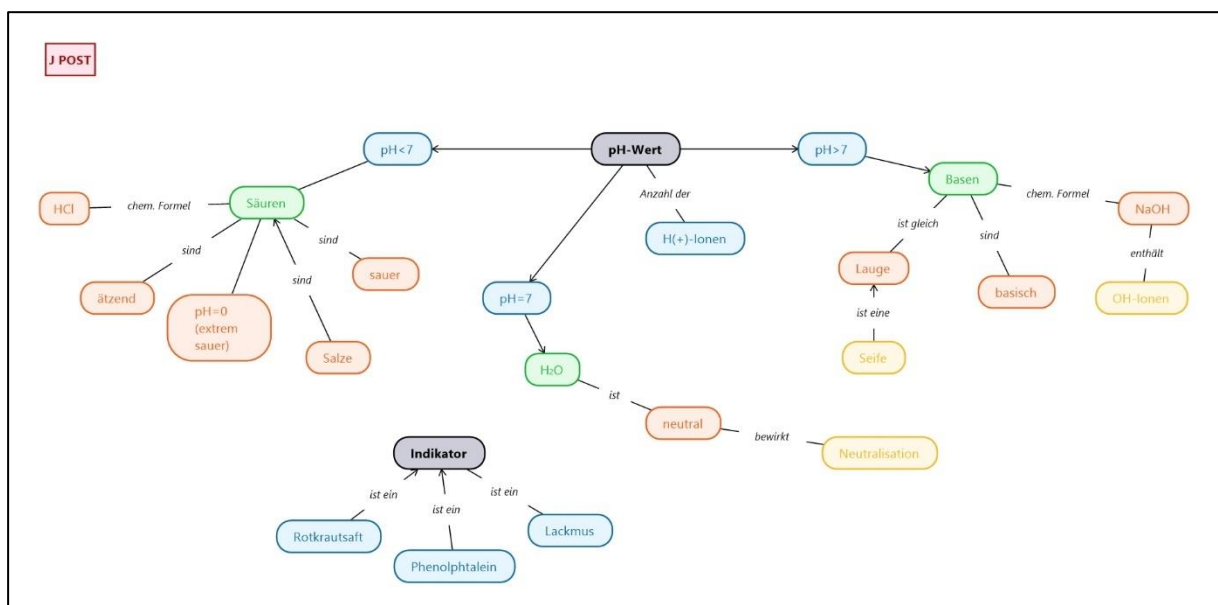
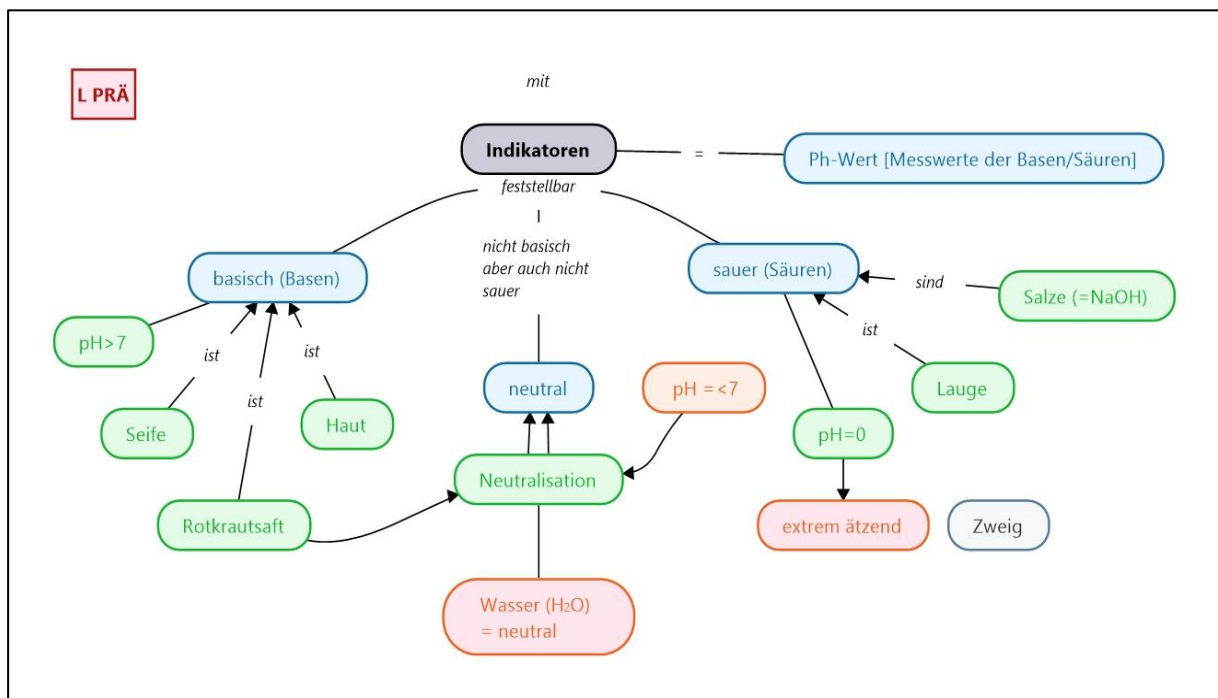
	H			
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt	Post
Key Concept	Indikator(en)	Neutralisation	-	pH-Wert
Concept Number	14	2	16	24
Width	6	2	8	12
Depth	4	1	5	3
HSS	10	3	13	15
Chunks	3	0	3	4
Crosslinks	1	0	1	6



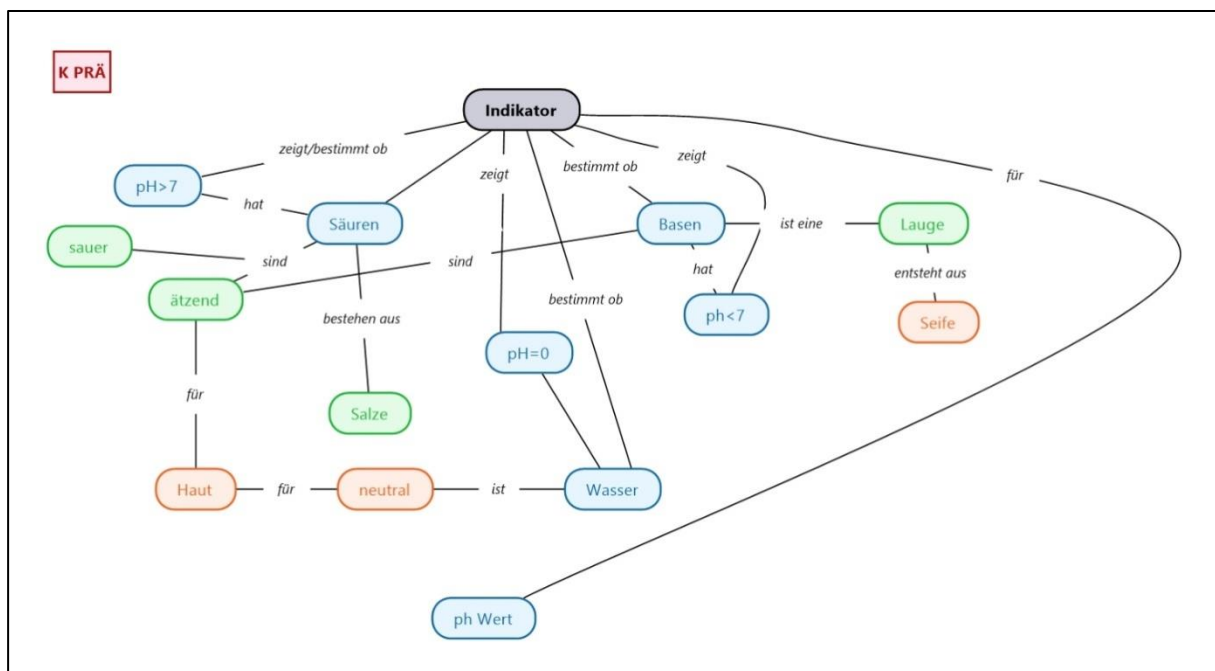
	I				
	Prä	Post1	Post2	Post3	Post_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	pH-Wert	Indikator(en)	Neutralisation	-
Concept Number	14	17	2	1	20
Width	6	9	2	1	12
Depth	3	3	1	1	5
HSS	9	12	3	2	17
Chunks	3	3	0	0	3
Crosslinks	0	1	0	0	1

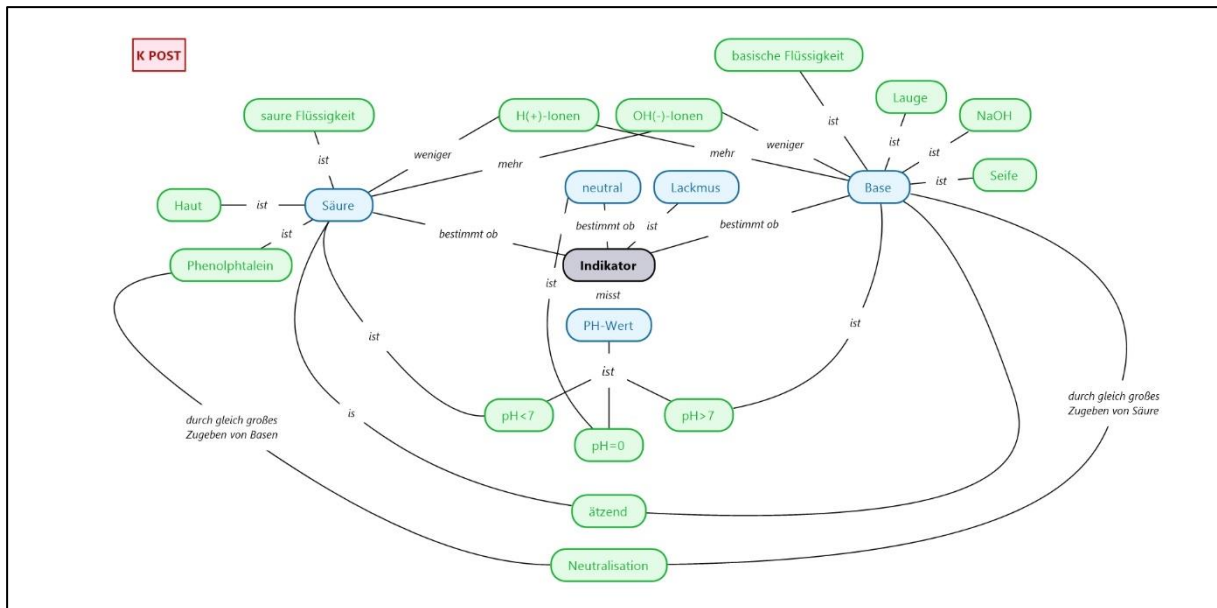


J						
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt	Post1	Post2	Post_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	Salze	-	pH-Wert	Indikator(en)	-
Concept Number	12	3	15	19	3	22
Width	6	1	7	9	3	12
Depth	3	3	6	4	1	5
HSS	9	4	13	13	4	17
Chunks	1	0	1	2	0	2
Crosslinks	0	0	0	0	0	0

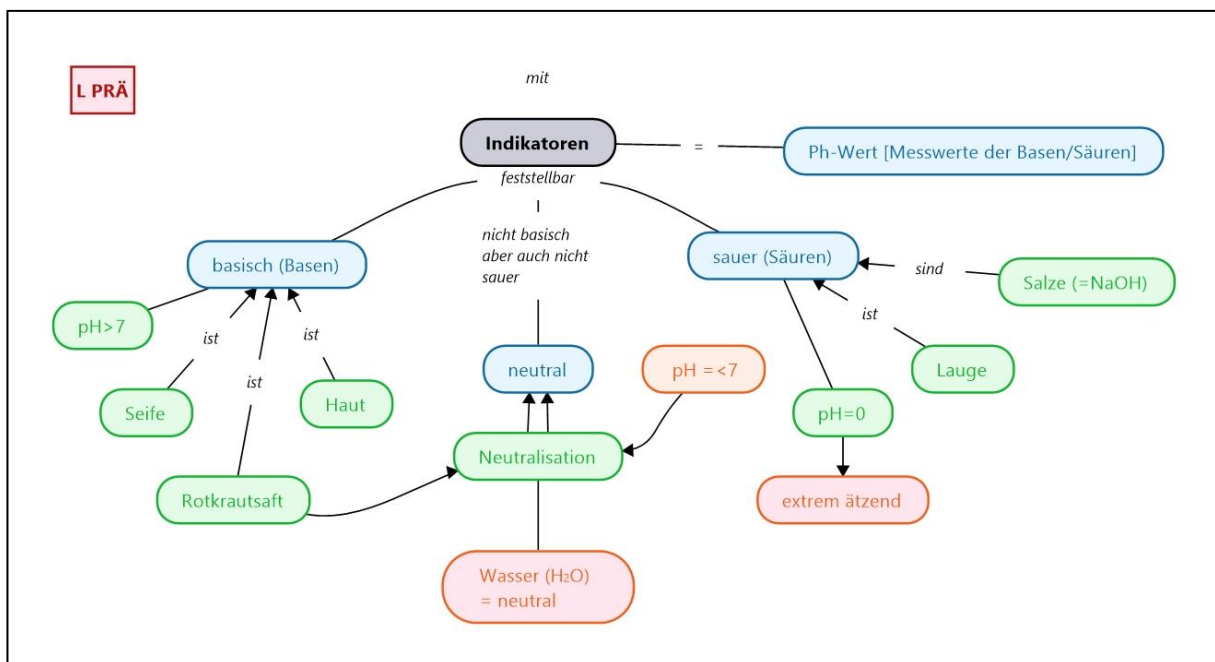


	K	
	Prä	Post
Key Concept	Indikator(en)	
Concept Number	13	20
Width	7	15
Depth	3	2
HSS	10	17
Chunks	1	3
Crosslinks	0	0
Link Number	20	25
Densitiy Score	18,6	23,8
Fehlerhafte Links	9	7
Anteil Fehler in %	45,0%	28,0%
Richtigkeitswert	1	2

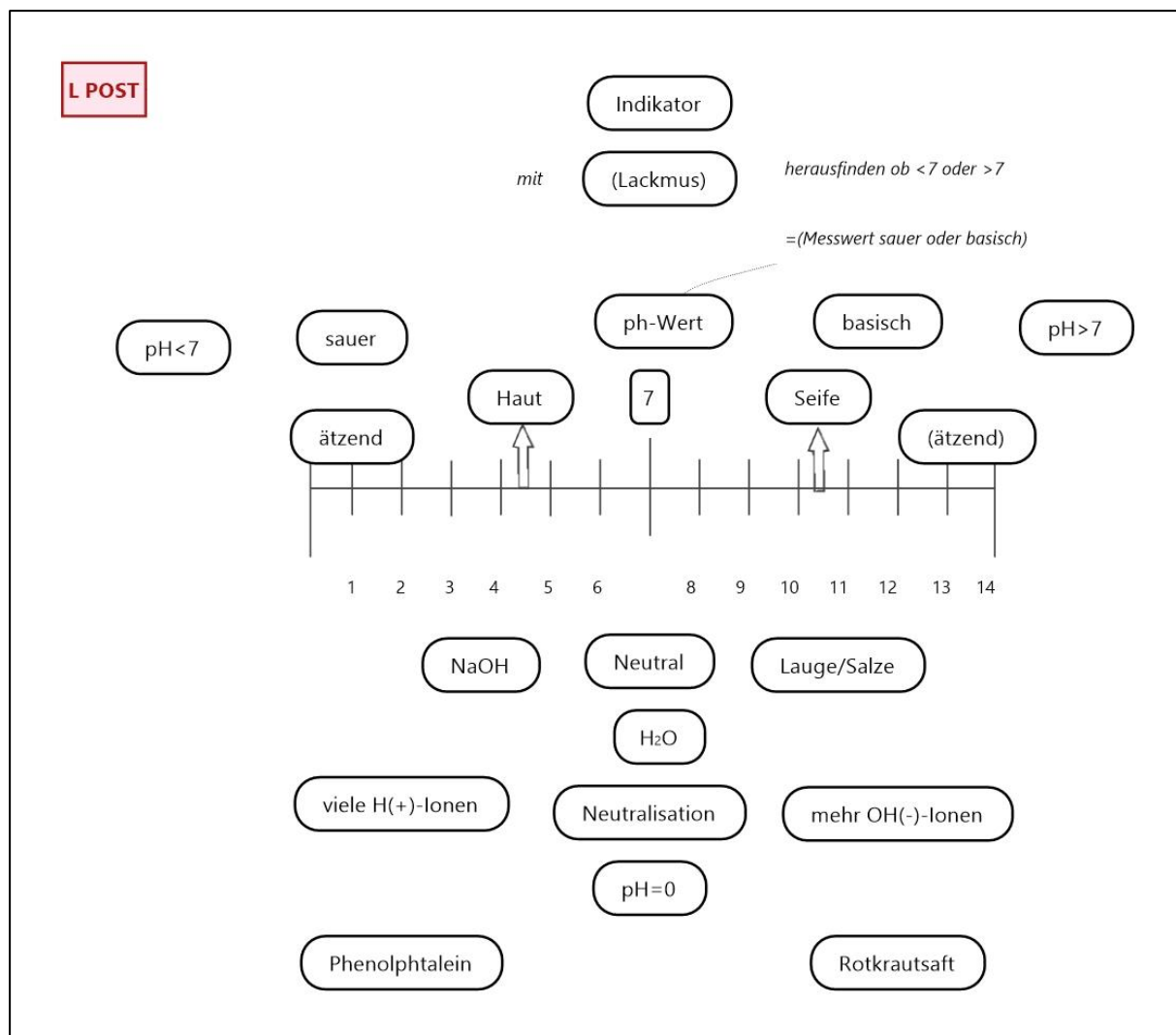




	L	
	Prä	Post
Key Concept	Indikator(en)	pH-Skala
Concept Number	15	nw ¹⁷
Width	7	nw
Depth	3	nw
HSS	10	nw
Chunks	3	nw
Crosslinks	1	nw

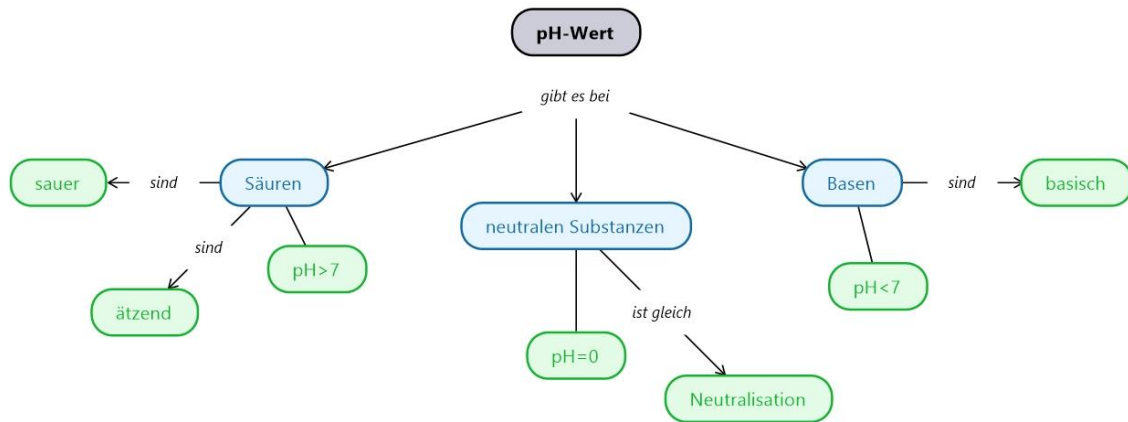


17 „nw“ bedeutet: Nicht mit den beschriebenen Methoden auswertbar (**n**icht **w**ertbar)

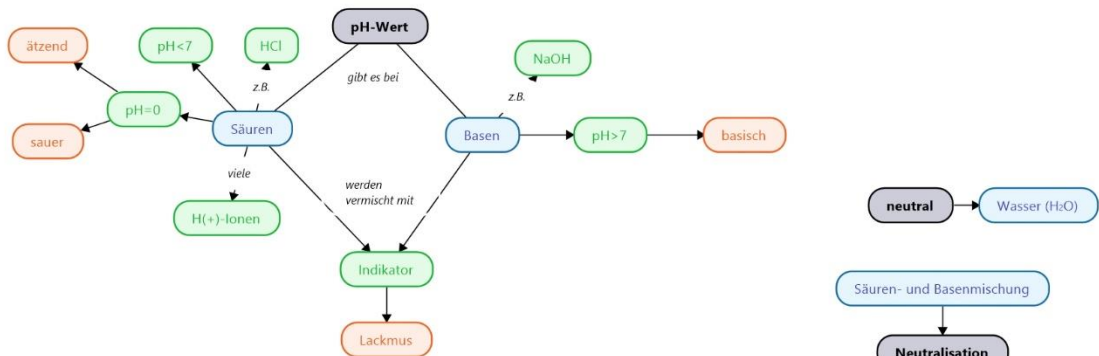


	M				
	Prä	Post1	Post2	Post3	Post_gesamt
Key Concept	pH-Wert	pH-Wert	neutral	Neutralisation	-
Concept Number	10	13	1	1	15
Width	7	7	1	1	9
Depth	2	3	1	1	5
HSS	9	10	2	2	14
Chunks	3	3	0	0	3
Crosslinks	0	1	0	0	1

M PRÄ

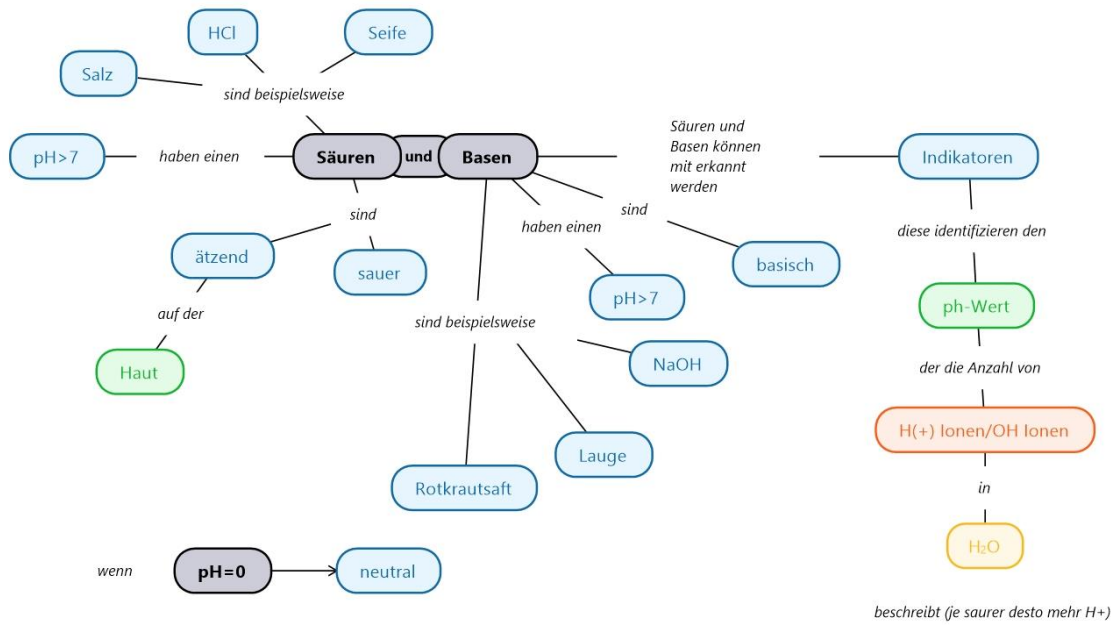


M POST

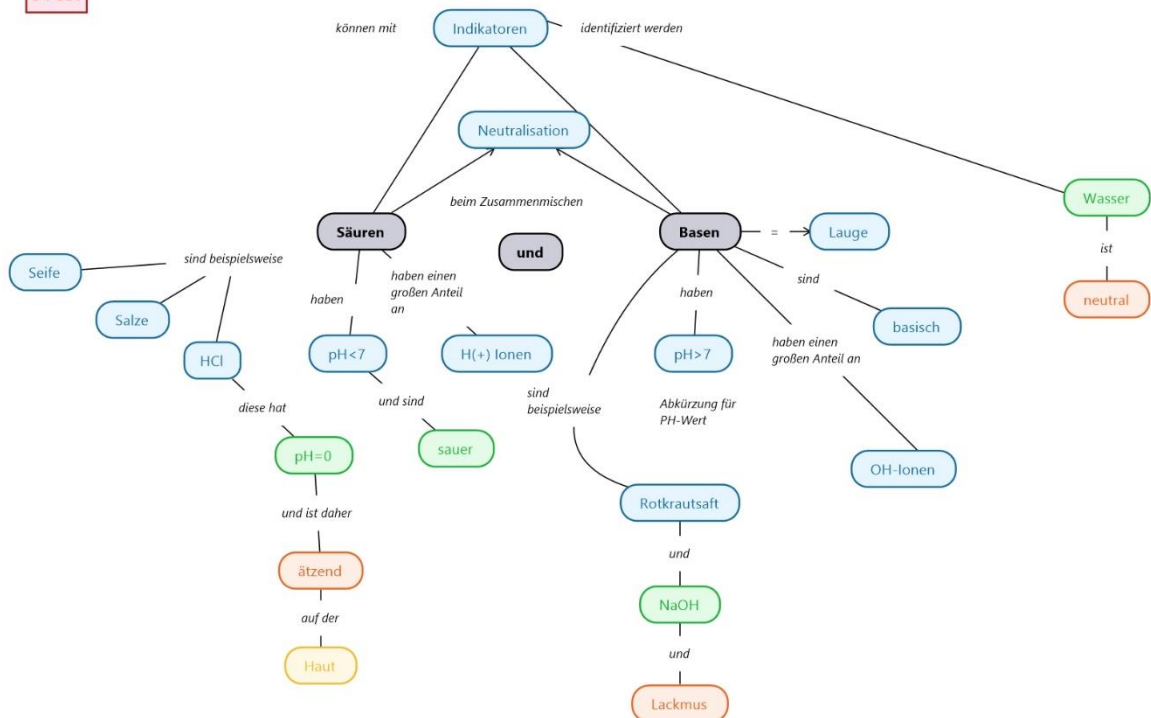


	0			
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt	Post
Key Concept	Säuren und Basen	pH = 0		Säuren und Basen
Concept Number	16	1	17	20
Weite	12	1	13	12
Tiefe	4	1	5	4
HSS	16	2	18	16
Chunks	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	2

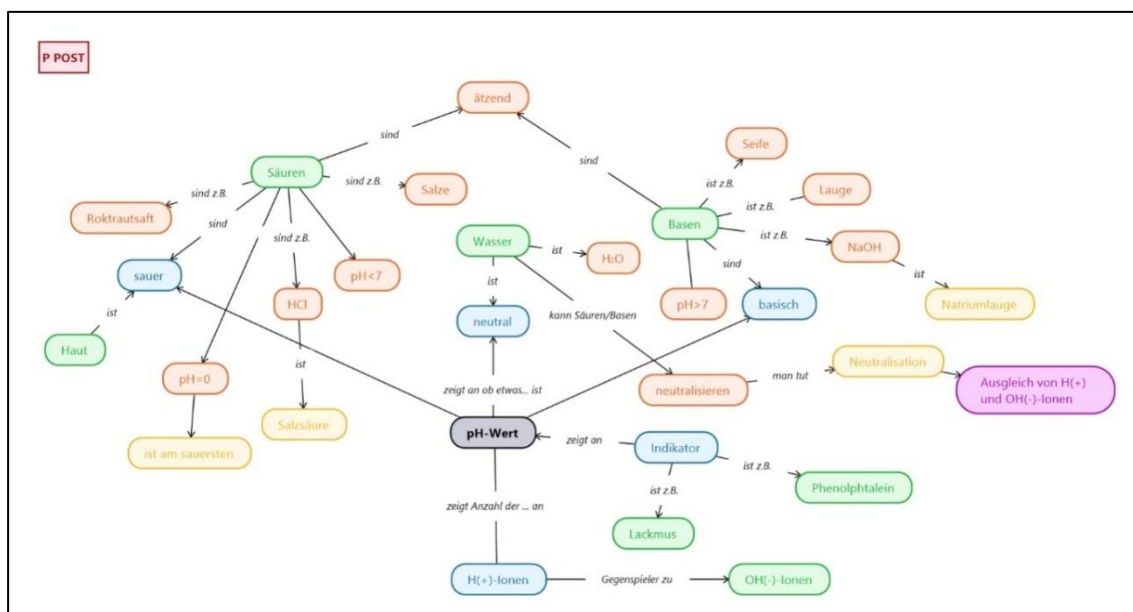
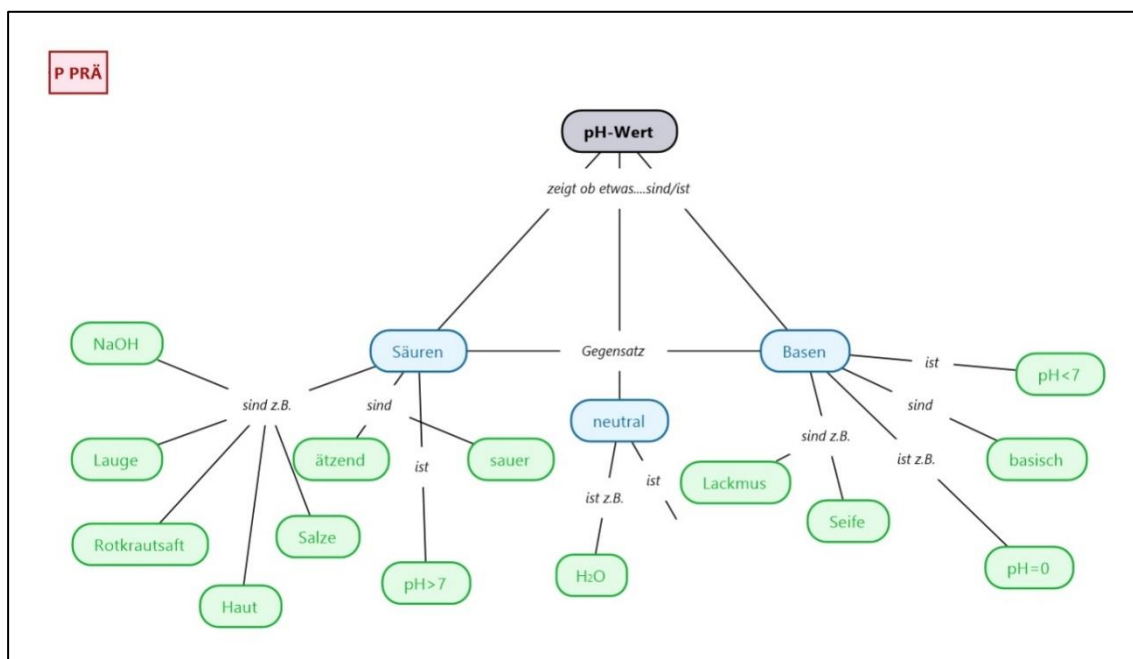
O PRÄ



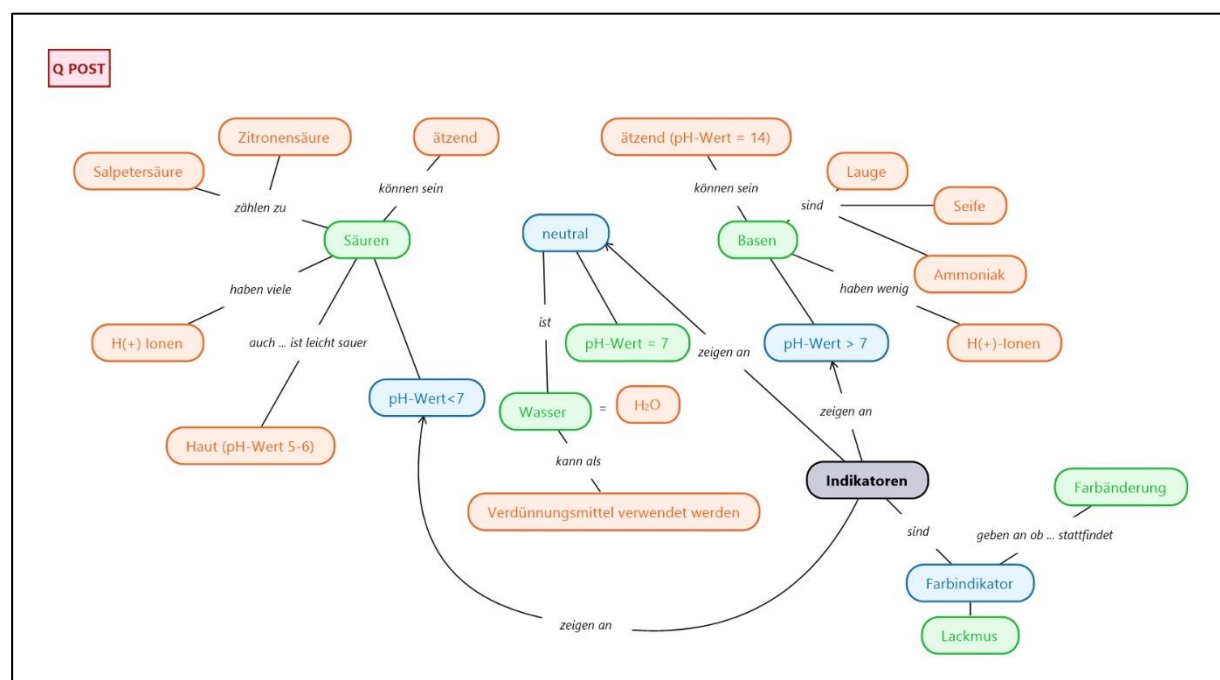
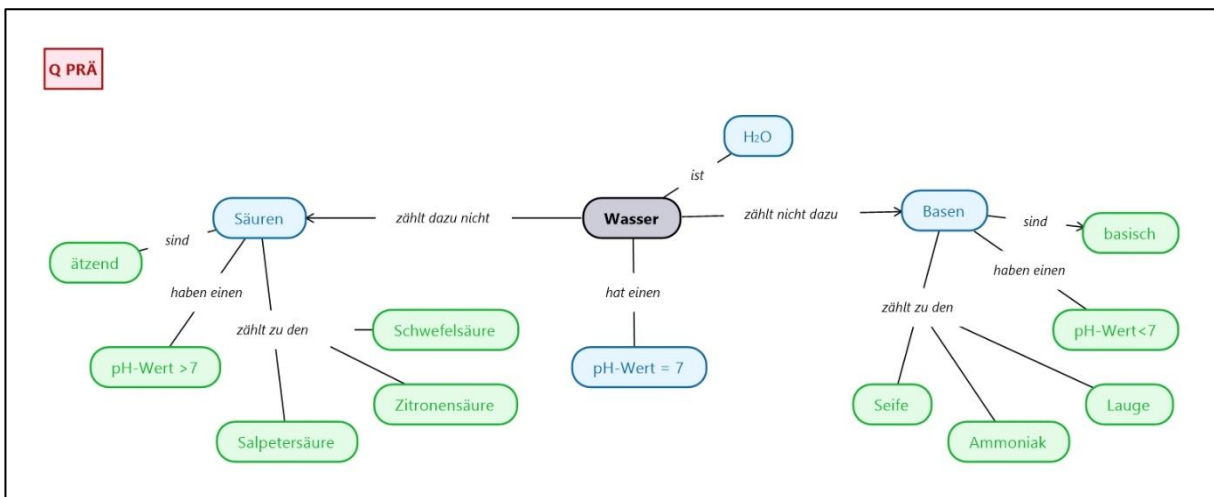
O POST



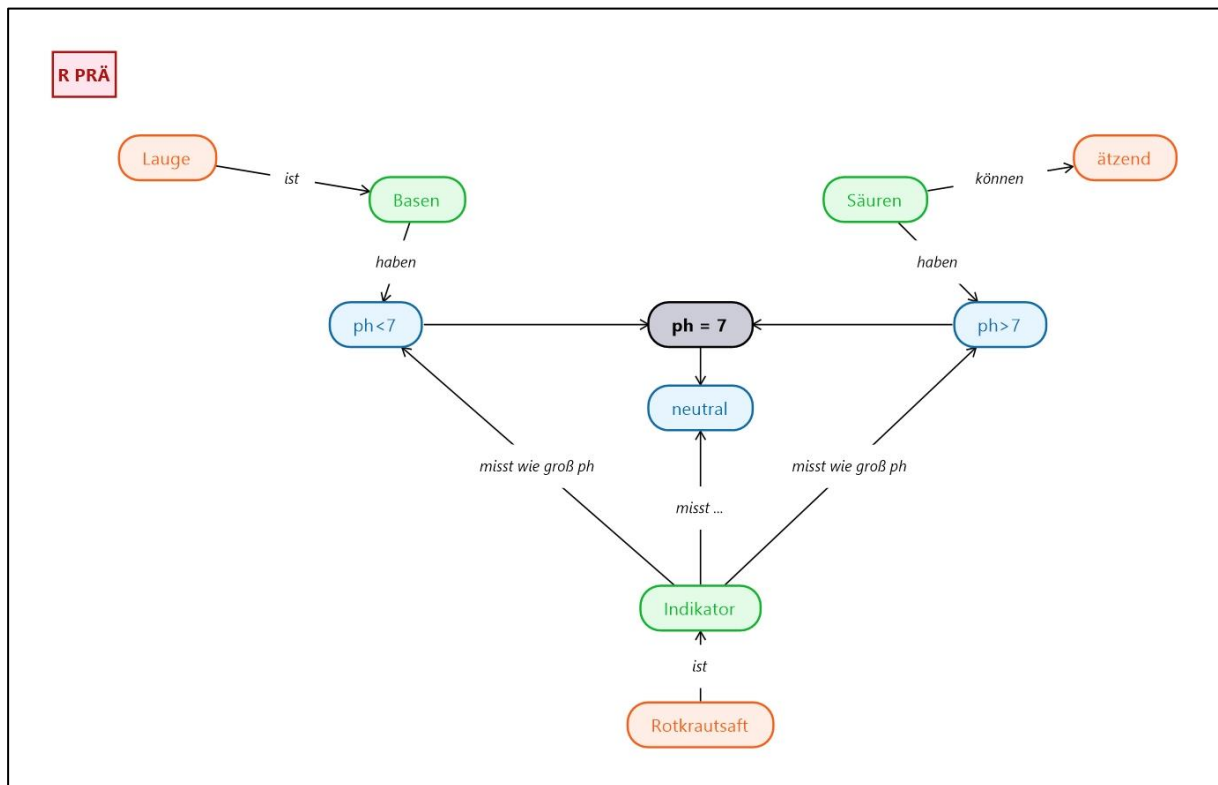
	P	
	Prä	Post
Key Concept	pH-Wert	Indikator
Concept Number	17	29
Width	14	12
Depth	2	5
HSS	16	17
Chunks	3	5
Crosslinks	1	1
Link Number	19	30
Fehlerhafte Links	9	4
Anteil Fehler in %	47,4%	13,3%
Richtigkeitswert	1	3

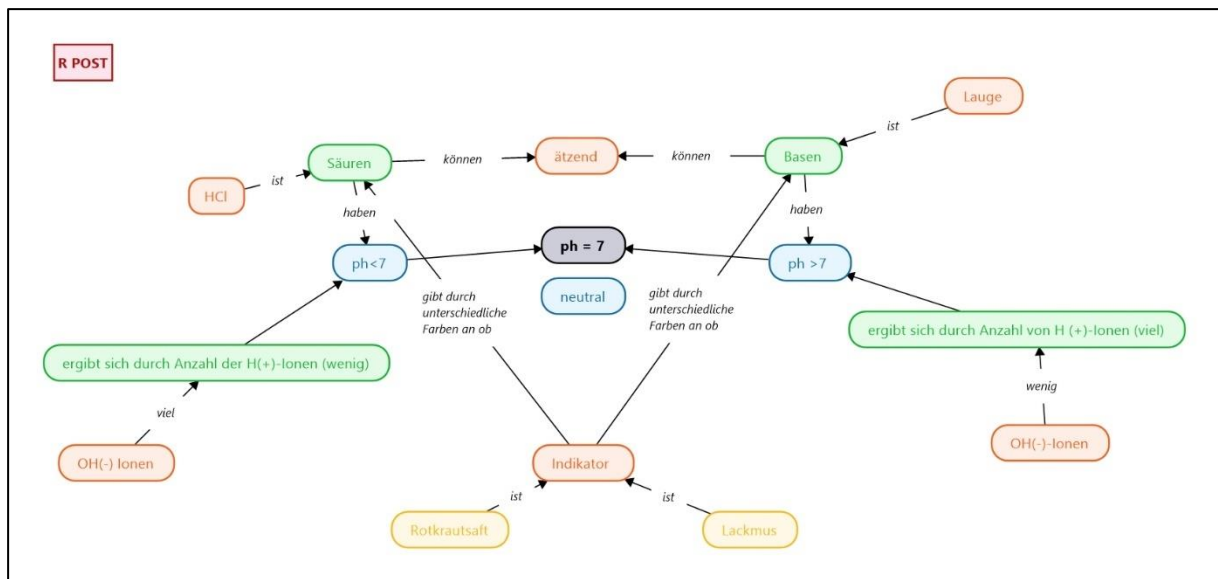


	Q	
	Prä	Post
Key Concept	Wasser	Indikatoren
Concept Number	14	23
Width	10	11
Depth	2	4
HSS	12	15
Chunks	2	4
Crosslinks	0	1
Link Number	14	23
Densitiy Score	13,1	22,0
Fehlerhafte Links	3	0
Anteil Fehler in %	21,4%	0,0%
Richtigkeitswert	2	3

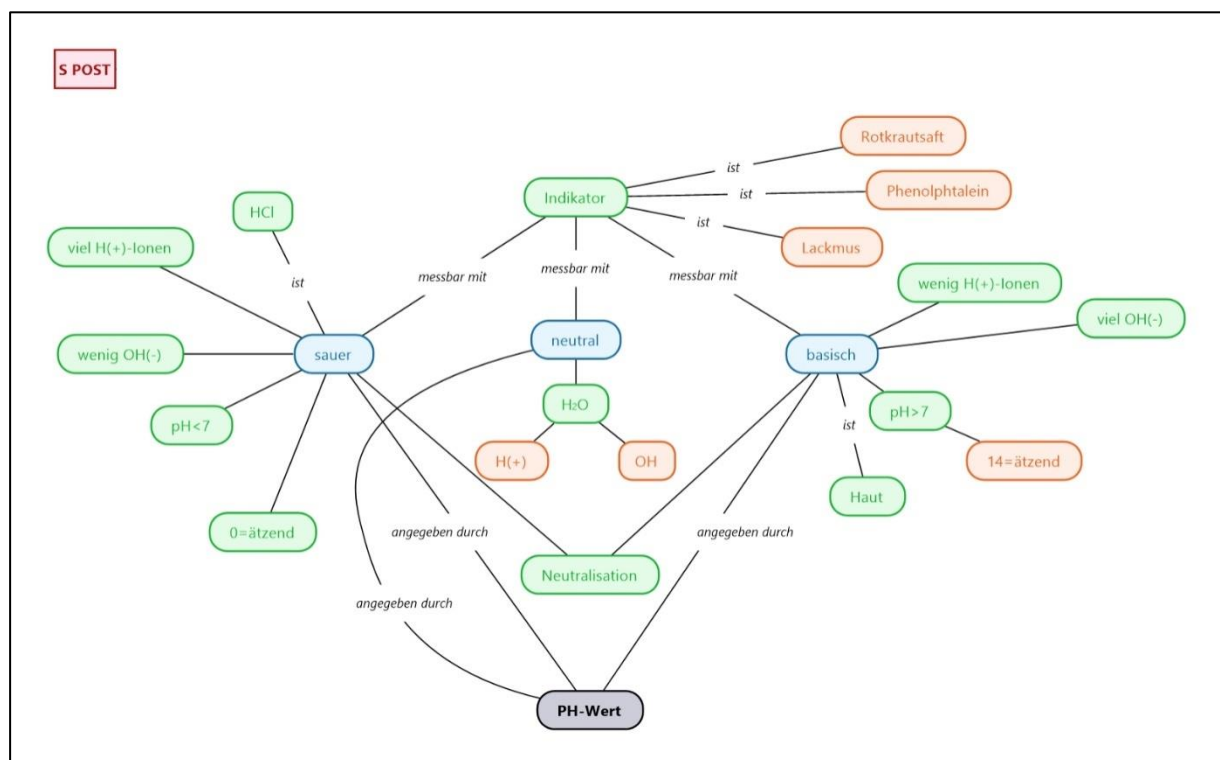
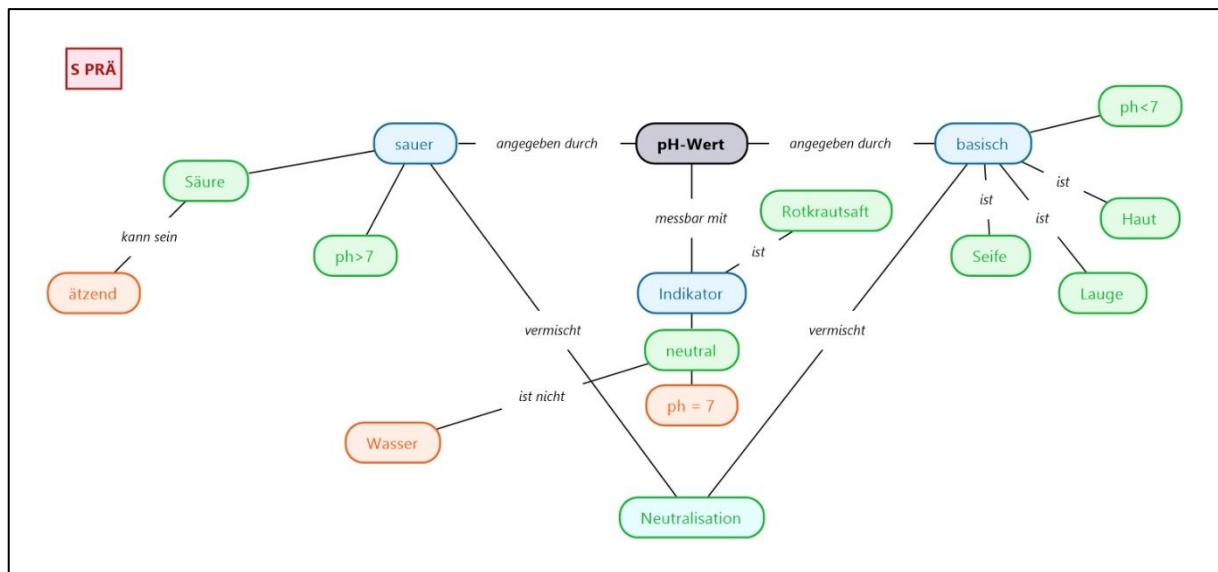


	R	
	Prä	Post
Key Concept	pH=7	
Concept Number	9	15
Width	3	6
Depth	3	4
HSS	6	10
Chunks	0	5
Crosslinks	0	4
Link Number	11	17
Densitiy Score	9,9	15,9
Fehlerhafte Links	4	2
Anteil Fehler in %	36,4%	11,8%
Richtigkeitswert	1	3

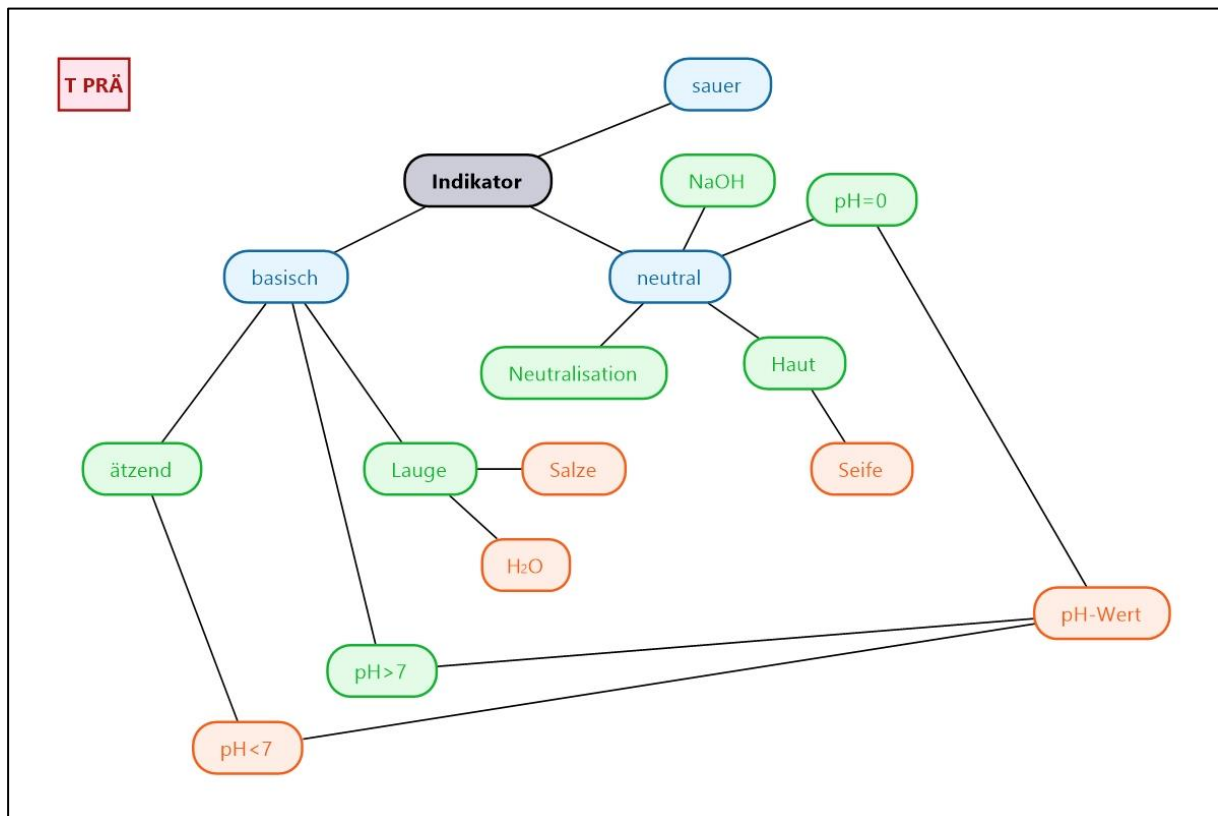


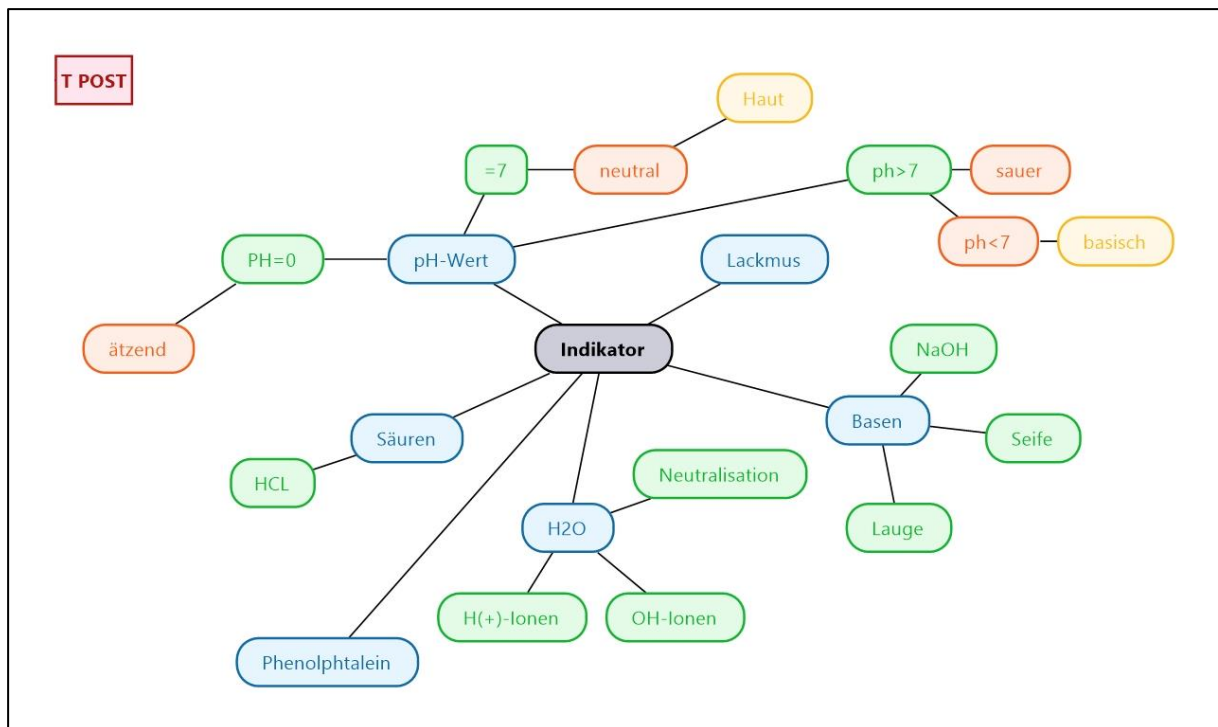


	S	
	Prä	Post
Key Concept	pH-Wert	Neutral
Concept Number	15	22
Width	9	10
Depth	3	4
HSS	12	14
Chunks	4	5
Crosslinks	1	4
Link Number	16	26
Densitiy Score	15,0	24,9
Fehlerhafte Links	5	1
Anteil Fehler in %	31,3%	3,8%
Richtigkeitswert	2	3

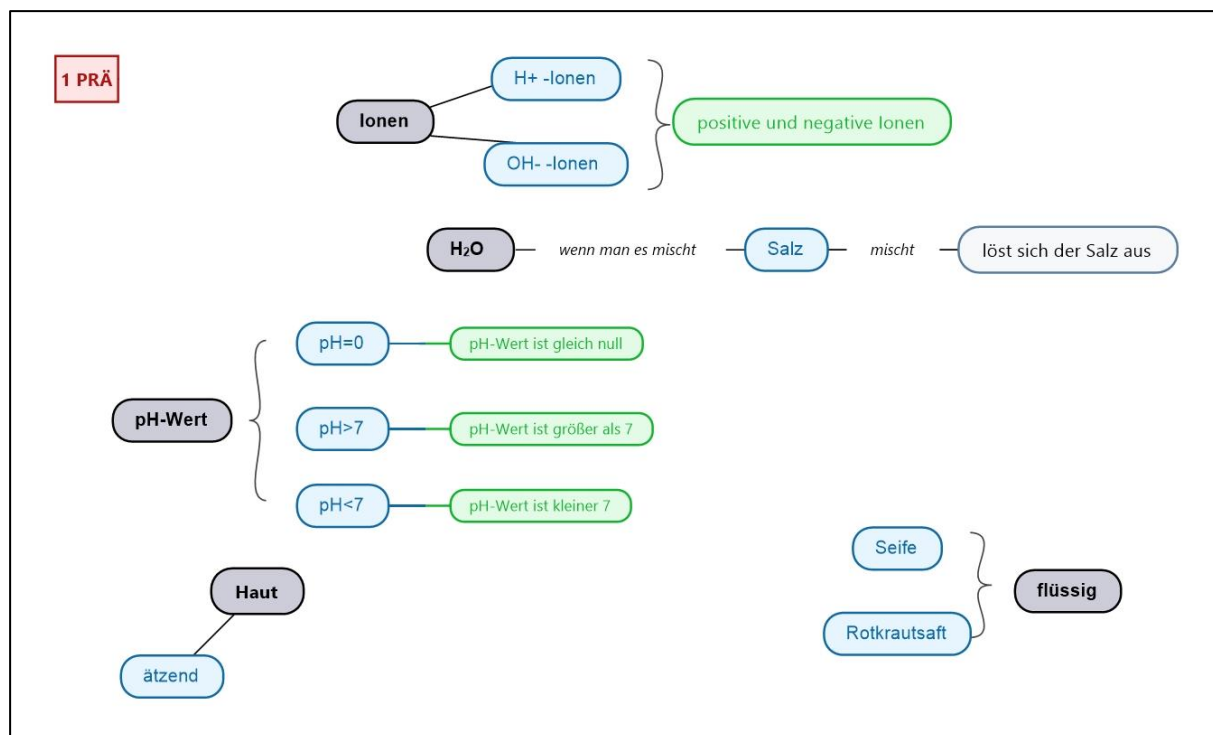


	T	
	Prä	Post
Key Concept	Indikator(en)	
Concept Number	15	22
Width	7	11
Depth	3	4
HSS	10	15
Chunks	3	4
Crosslinks	1	0
Link Number	17	22
Densitiy Score	15,9	21,0
Fehlerhafte Links	7	5
Anteil Fehler in %	41,2%	22,7%
Richtigkeitswert	1	2

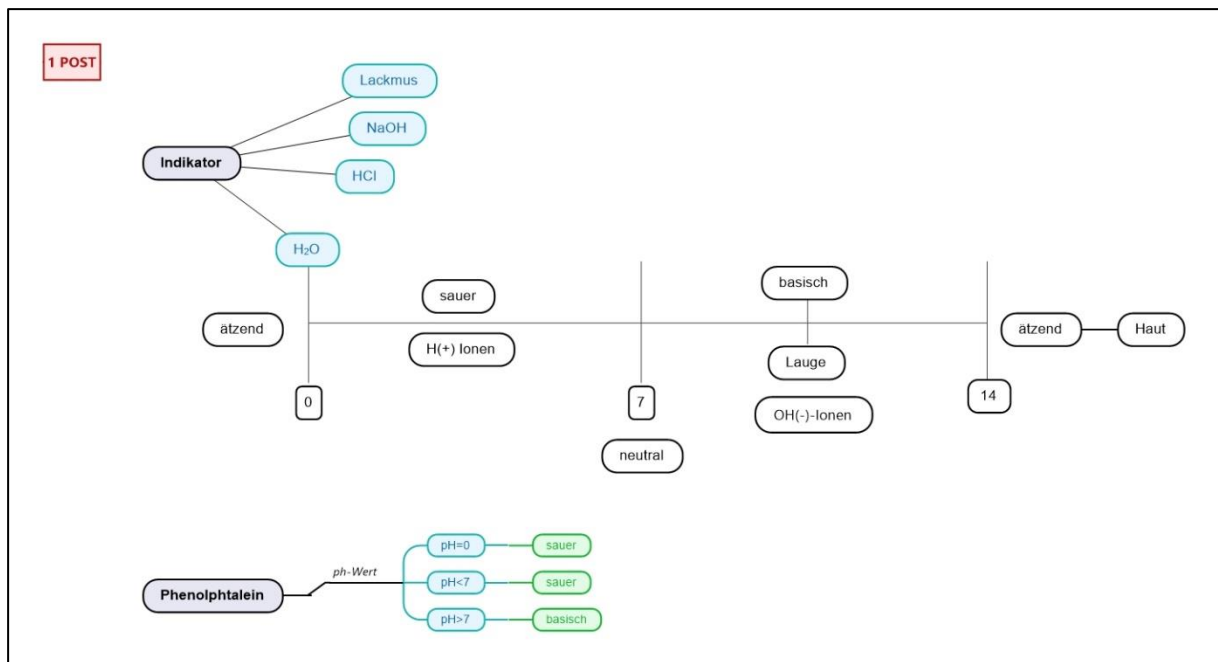




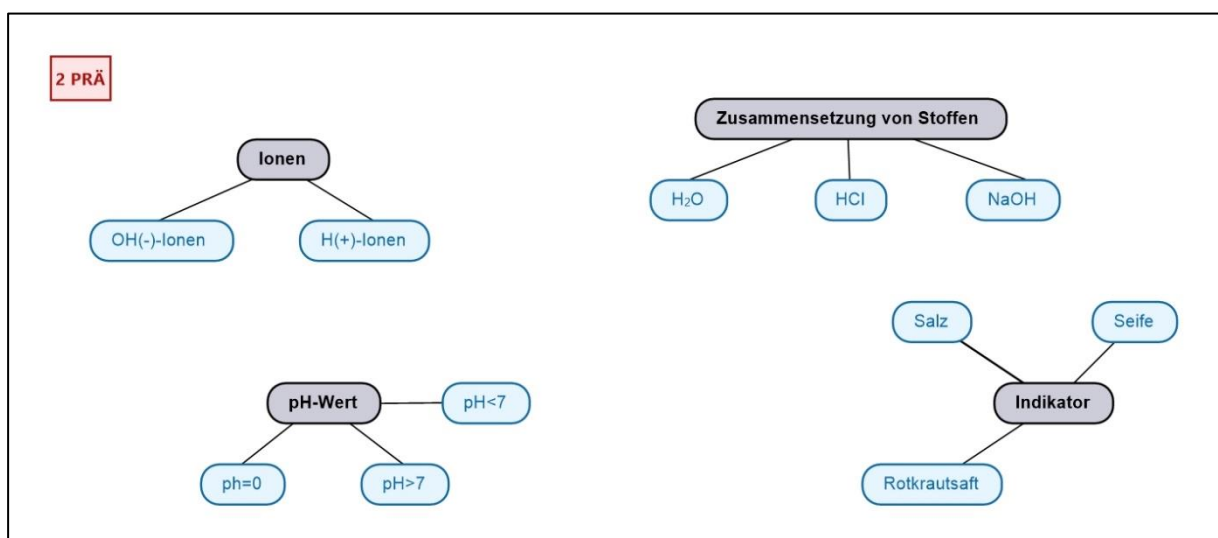
	1Prä					
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä5	Prä_gesamt
Key Concept	Ionen	H ₂ O	pH-Wert	Haut	flüssig	-
Concept Number	3	2	6	1	2	14
Width	2	1	3	1	2	9
Depth	2	2	2	1	1	8
HSS	4	3	5	2	3	17
Chunks	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0



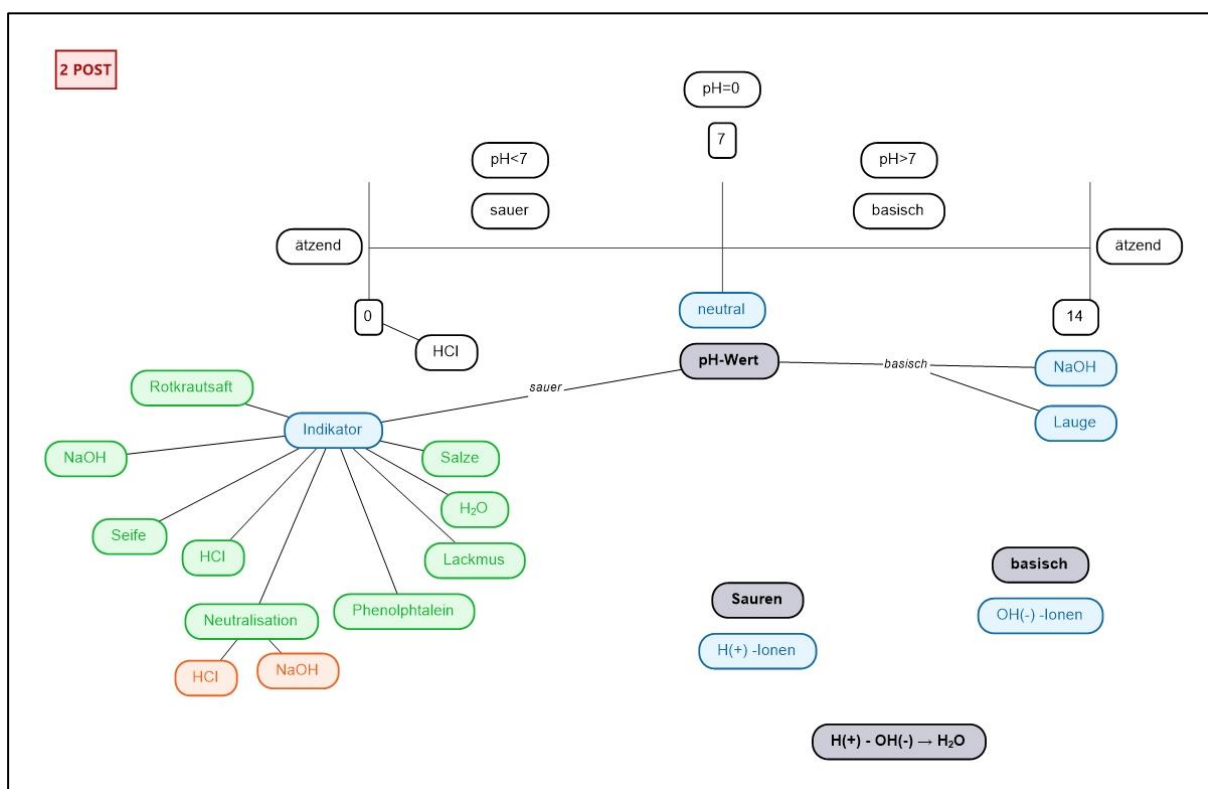
	1Pos			
	Post1	Post2	Post3	Post_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	Phenolphthalein	Zeichnung pH-Wertskala	-
Concept Number	4	6	nw	nw
Width	4	3	nw	nw
Depth	1	2	nw	nw
HSS	5	5	nw	nw
Chunks	0	0	nw	nw
Crosslinks	0	0	nw	nw



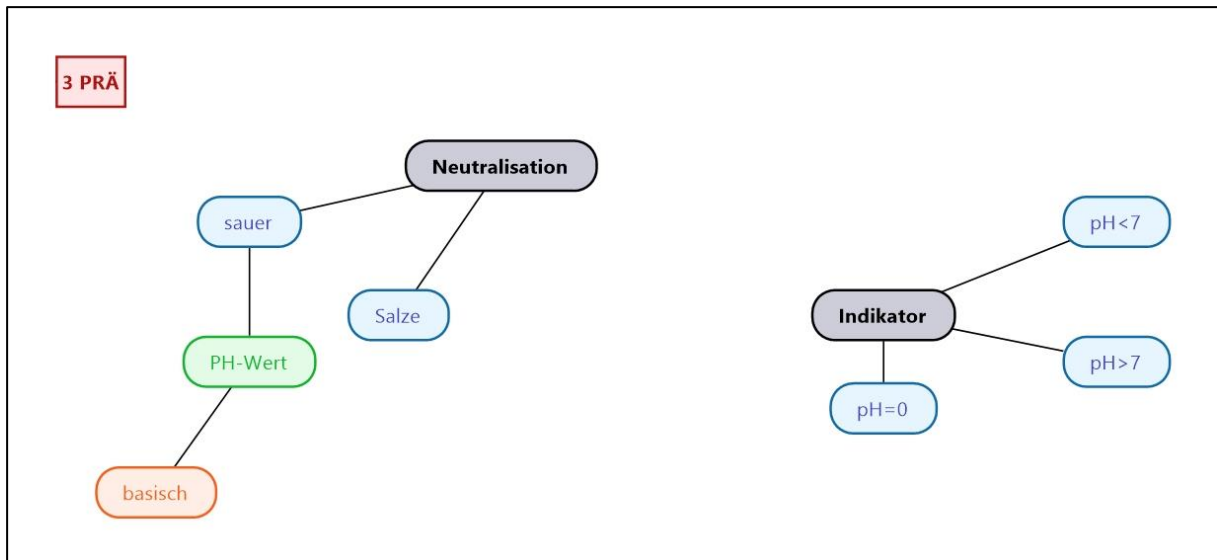
	2Prä				
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä_gesamt
Key Concept	Ionen	pH-Wert	Zusammensetzung von Stoffen	Indikator(en)	-
Concept Number	2	3	3	3	11
Width	2	3	3	3	11
Depth	1	1	1	1	4
HSS	3	4	4	4	15
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0



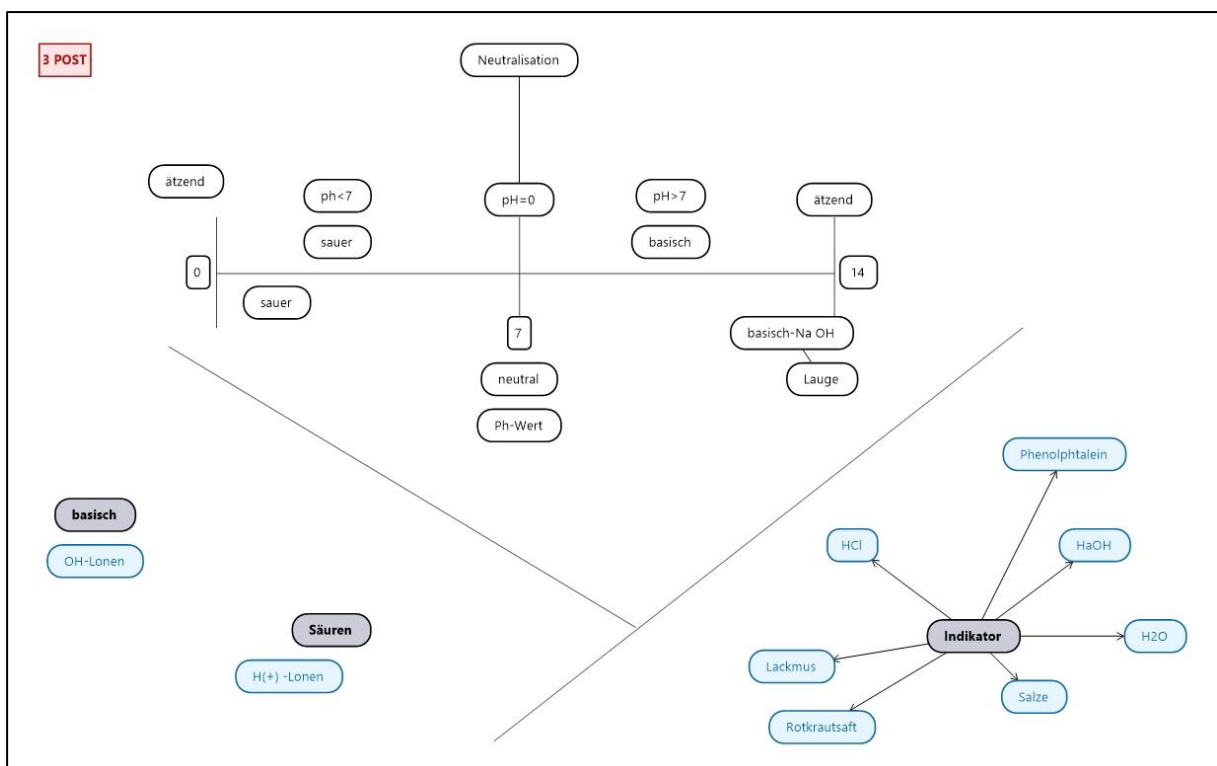
	2Post					
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post5	Post_gesamt
Key Concept	pH-Wert	Sauren	basisch	$\text{H}^+ - \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	Zeichnung pH-Wertskala	-
Concept Number	15	1	1	1	nw	nw
Width	9	1	1	1	nw	nw
Depth	3	1	1	1	nw	nw
HSS	12	2	2	2	nw	nw
Chunks	2	0	0	0	nw	nw
Crosslinks	0	0	0	0	nw	nw



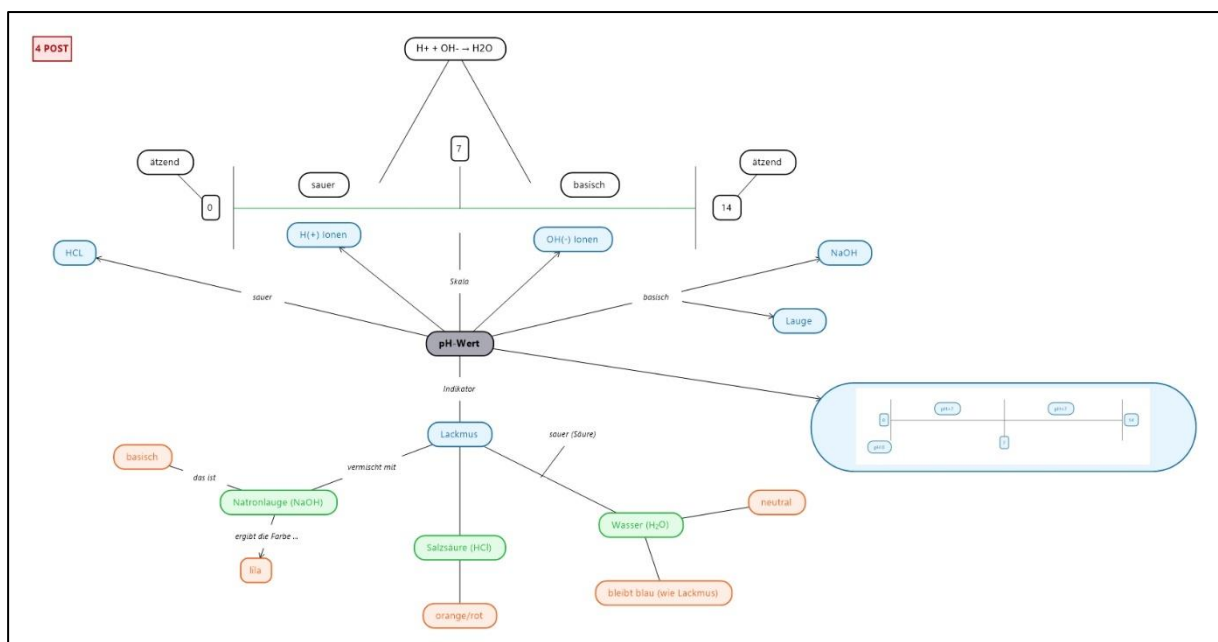
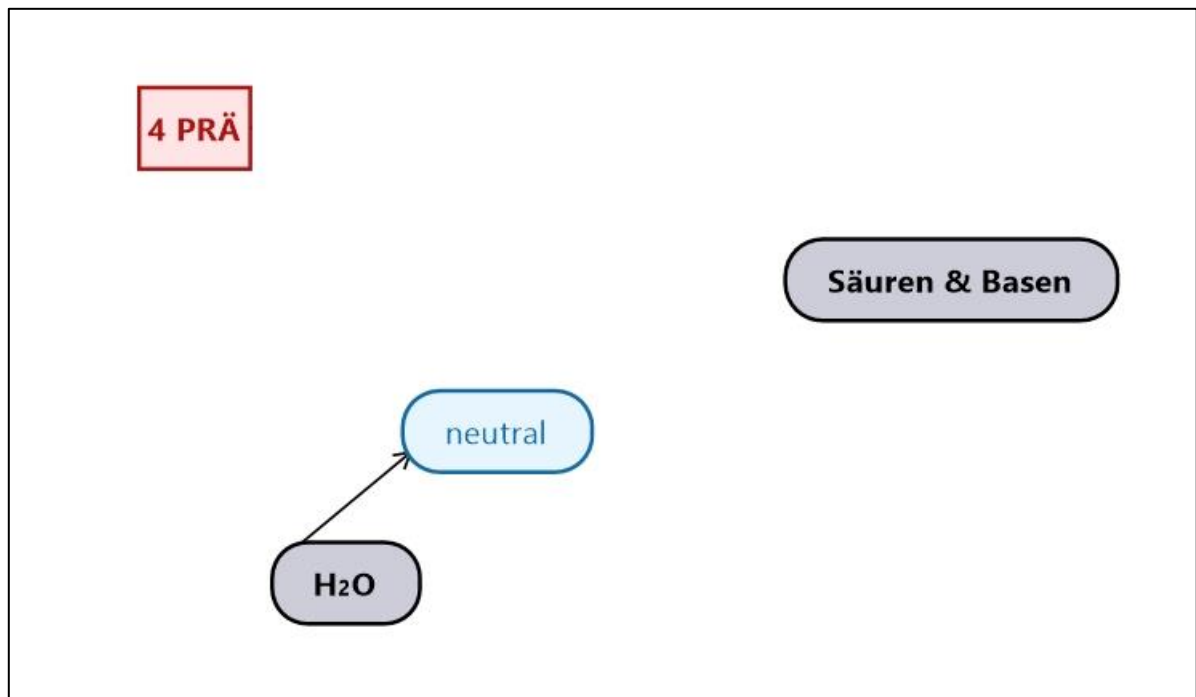
	3Prä			
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt	Post1
Key Concept	Neutralisation	Indikator(en)	-	Zeichnung pH-Wertskala
Concept Number	4	3	7	nw
Width	2	3	5	nw
Depth	3	1	4	nw
HSS	5	4	9	nw
Chunks	0	0	0	nw
Crosslinks	0	0	0	nw



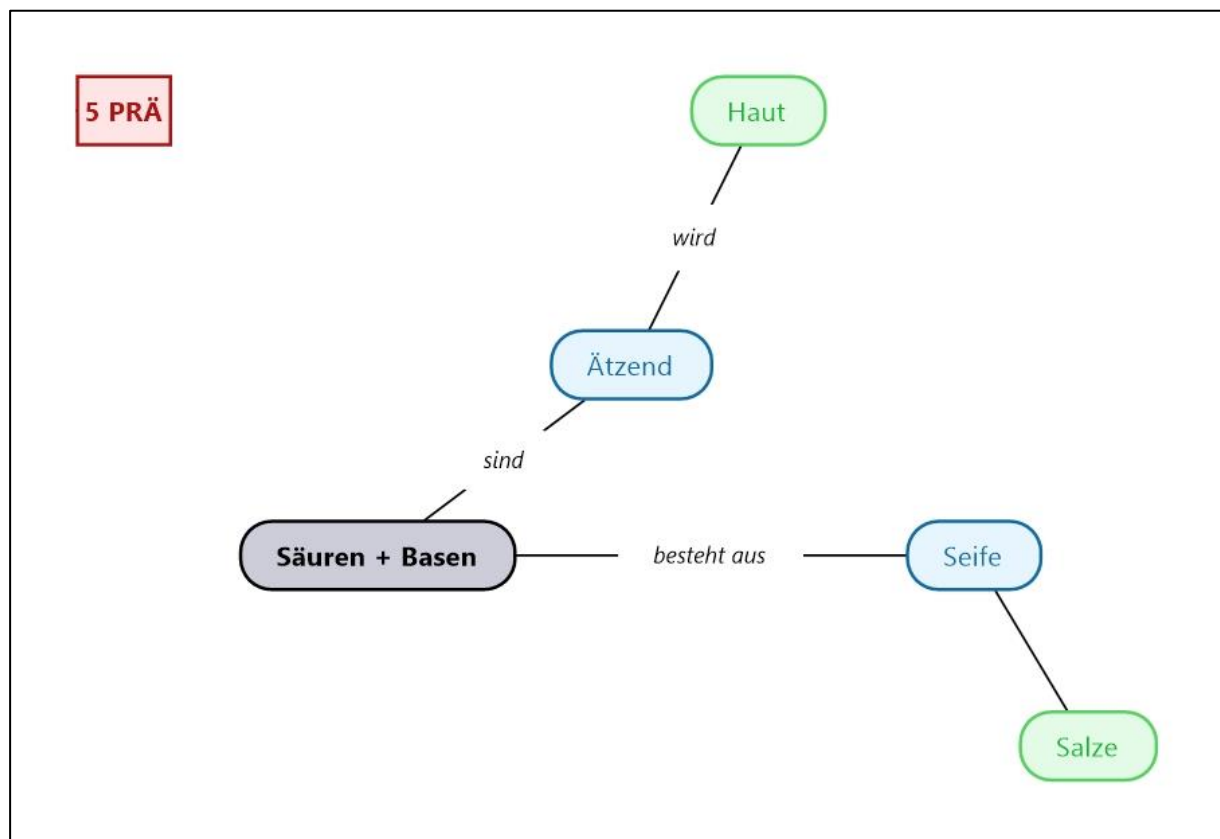
	3Post			
	Post2	Post3	Post4	Post_gesamt
Key Concept	basisch	Säuren	Indikator(en)	-
Concept Number	1	1	7	nw
Width	1	1	7	nw
Depth	1	1	1	nw
HSS	2	2	8	nw
Chunks	0	0	0	nw
Crosslinks	0	0	0	nw

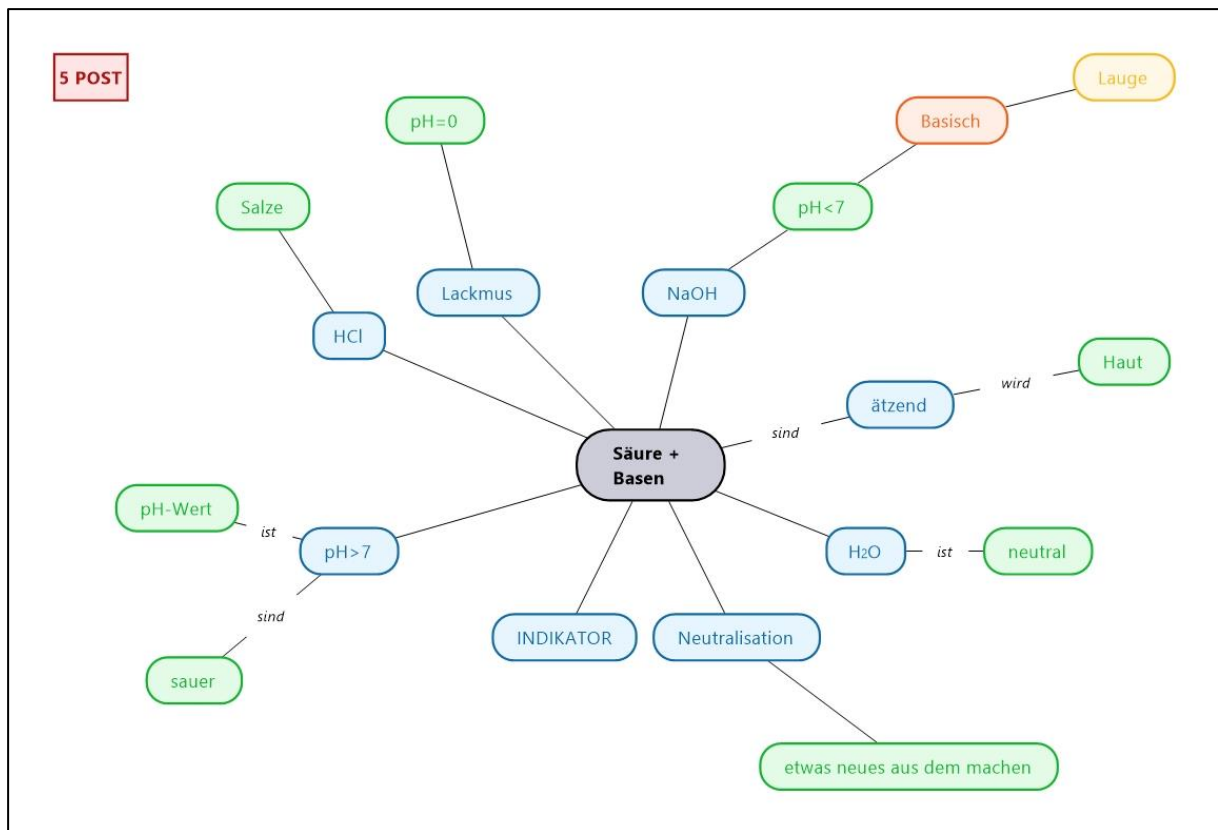


	4					
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt	Post1	Post2	Post_gesamt
Key Concept	Säuren und Basen	H ₂ O	-	pH-Wert	pH-Wert Skala	-
Concept Number	0	1	1	16	nw	nw
Width	0	1	1	7	nw	nw
Depth	0	1	1	3	nw	nw
HSS	0	2	2	10	nw	nw
Chunks	0	0	0	3	nw	nw
Crosslinks	0	0	0	0	nw	nw



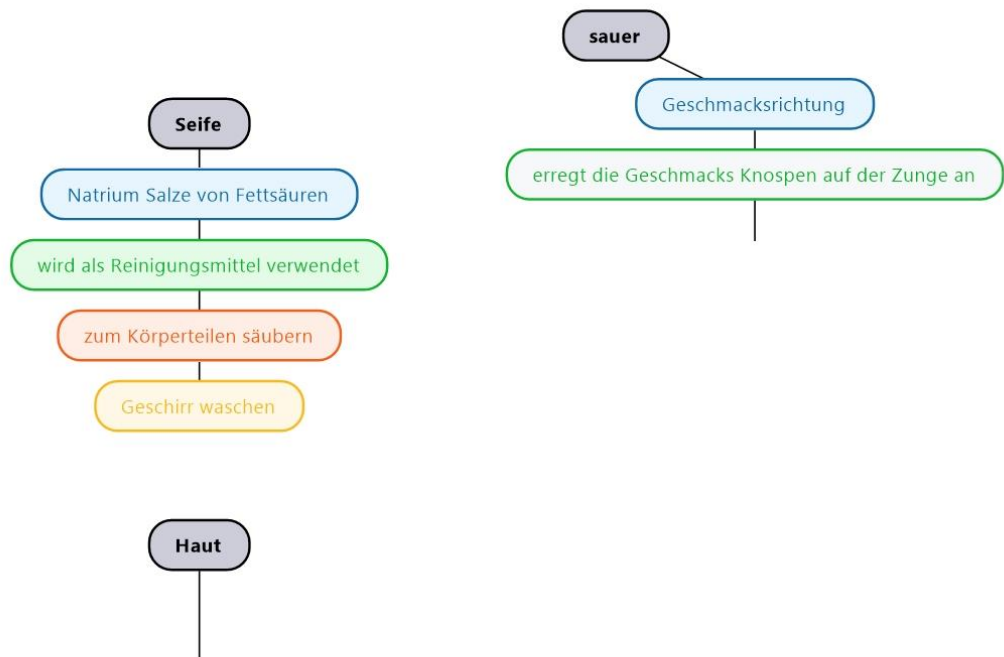
	5	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	4	18
Width	2	8
Depth	2	4
HSS	4	12
Chunks	0	1
Crosslinks	0	0
Link Number	4	18
Fehlerhafte Links	3	12
Anteil Fehler in %	75,0%	66,7%
Richtigkeitswert	0	0



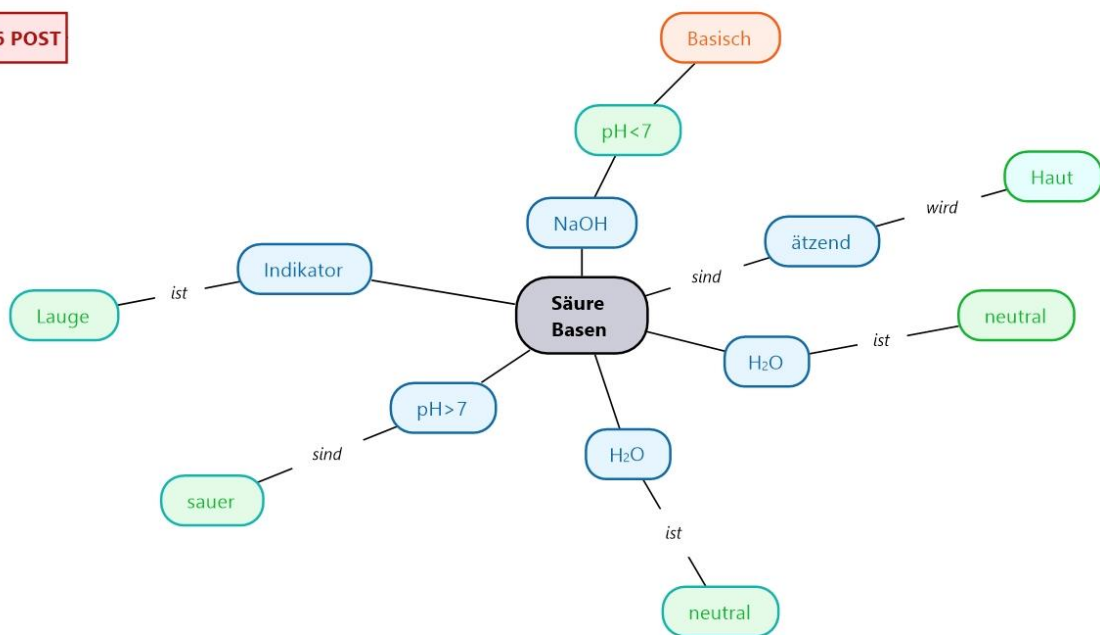


	6				
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä_gesamt	Post
Key Concept	Seife	sauer	Haut	-	Säuren und Basen
Concept Number	4	2	0	6	13
Width	1	1	0	2	6
Depth	4	2	0	6	3
HSS	5	3	0	8	9
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0

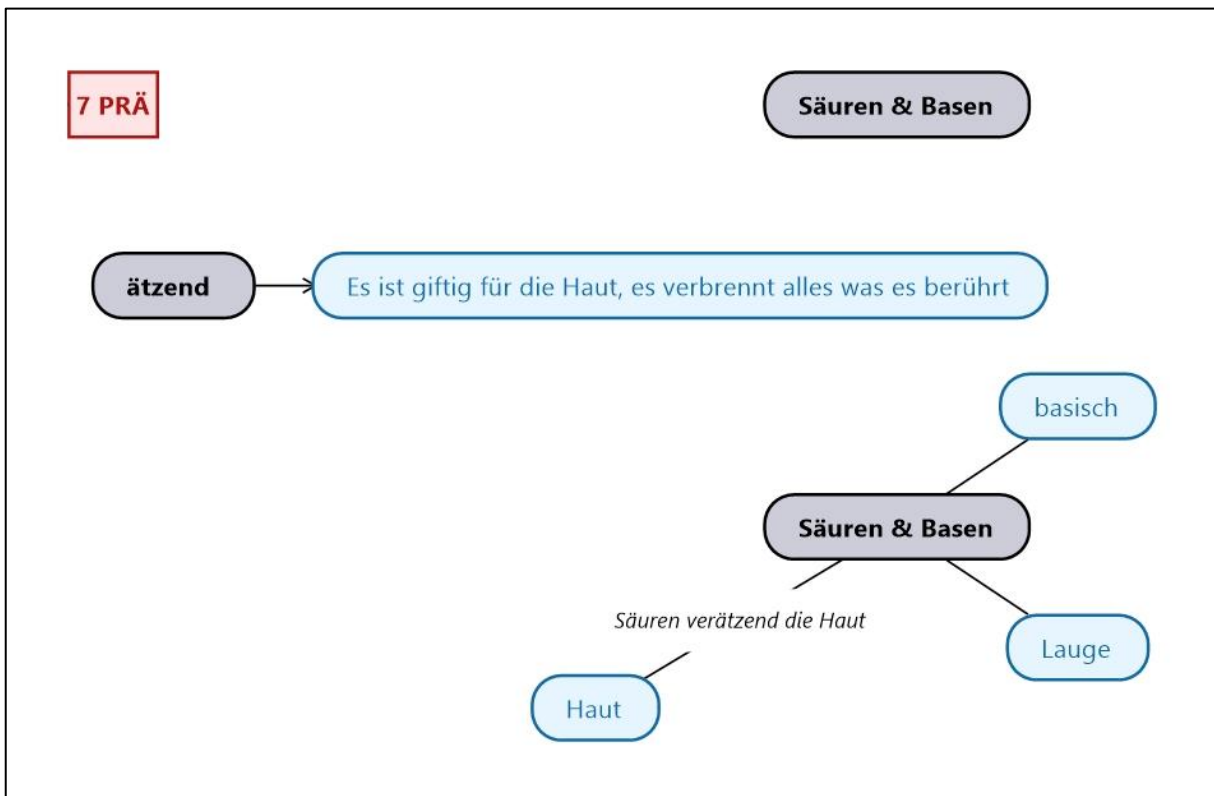
6 PRÄ

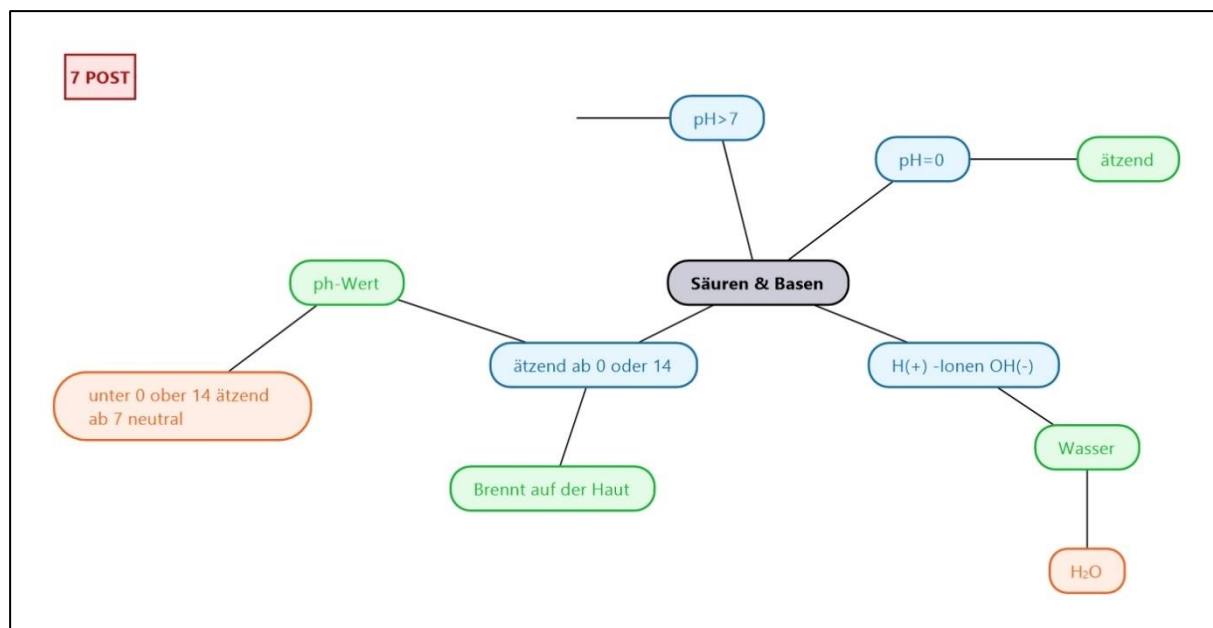


6 POST

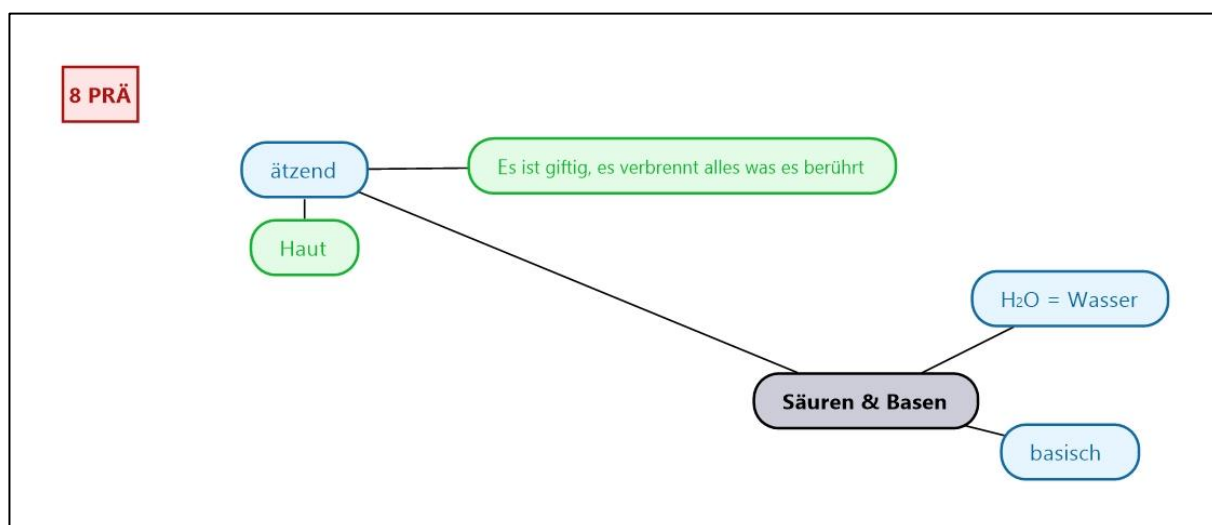


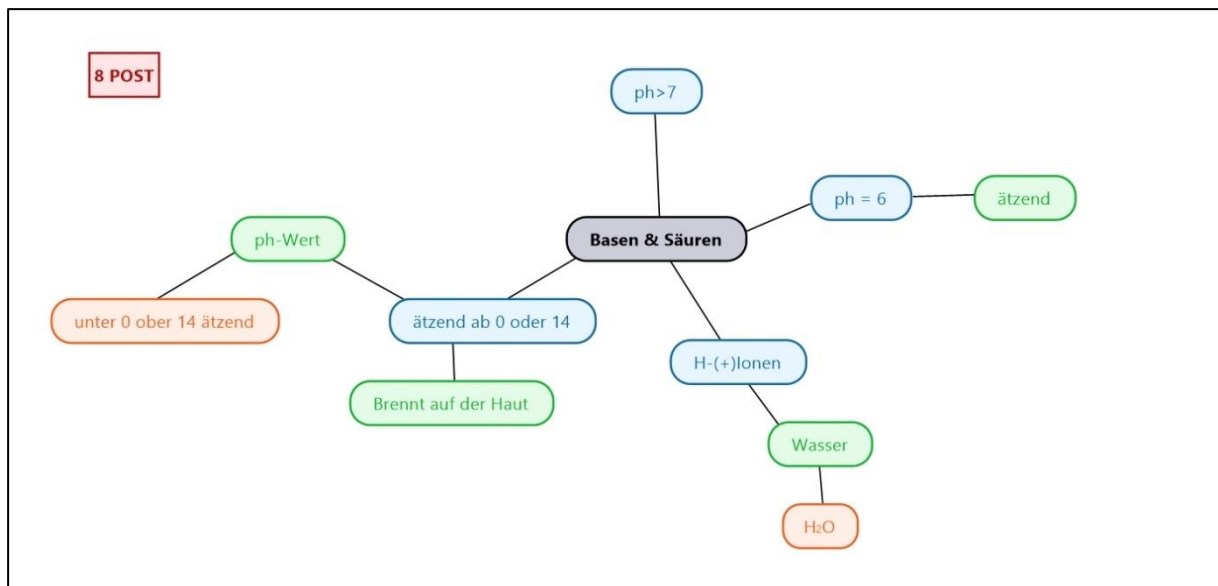
	7				
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä_gesamt	Post
Key Concept	Säuren und Basen	Säuren und Basen	ätzend	-	Säuren und Basen
Concept Number	3	0	1	4	10
Width	3	0	1	4	4
Depth	1	0	1	2	3
HSS	4	0	2	6	7
Chunks	0	0	0	0	1
Crosslinks	0	0	0	0	0



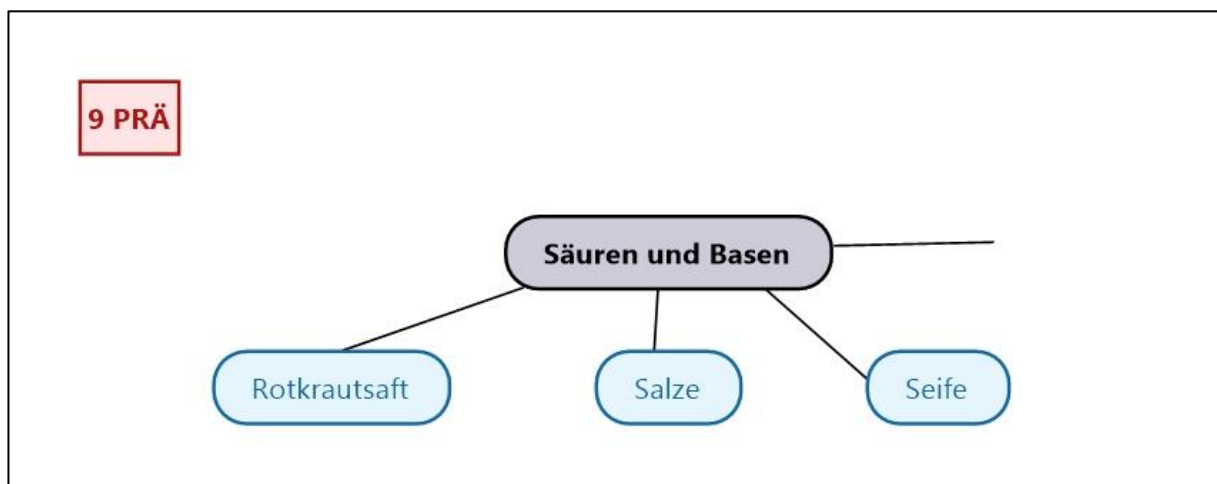


	8	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	5	10
Width	3	4
Depth	2	3
HSS	5	7
Chunks	1	1
Crosslinks	0	0
Link Number	5	10
Fehlerhafte Links	2	2
Anteil Fehler in %	40,0%	20,0%
Richtigkeitswert	1	2

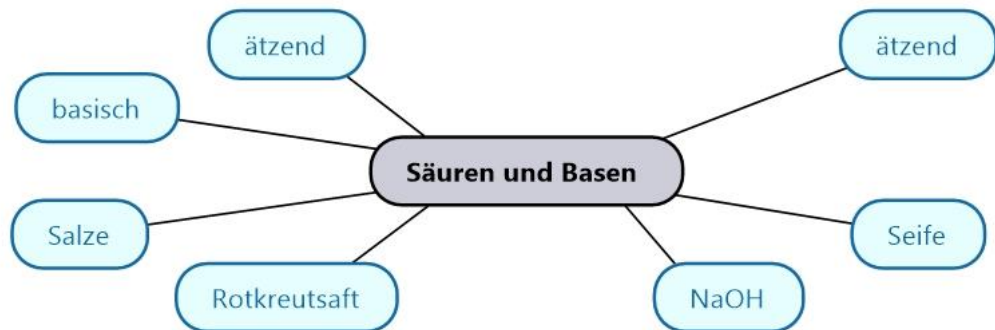




	9	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	3	7
Width	3	7
Depth	1	1
HSS	4	8
Chunks	0	0
Crosslinks	0	0
Link Number	4	7
Fehlerhafte Links	1	4
Anteil Fehler in %	25,0%	57,1%
Richtigkeitswert	2	0

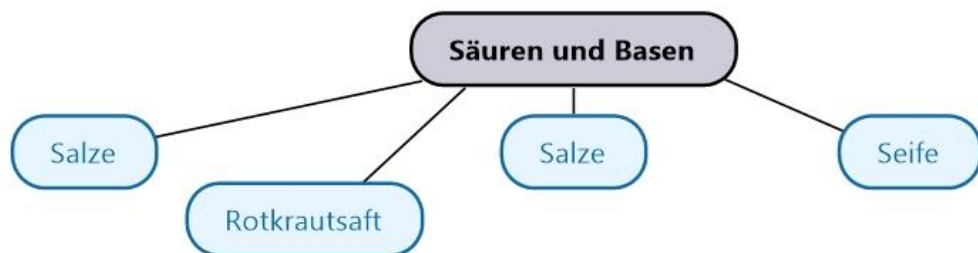


9 POST

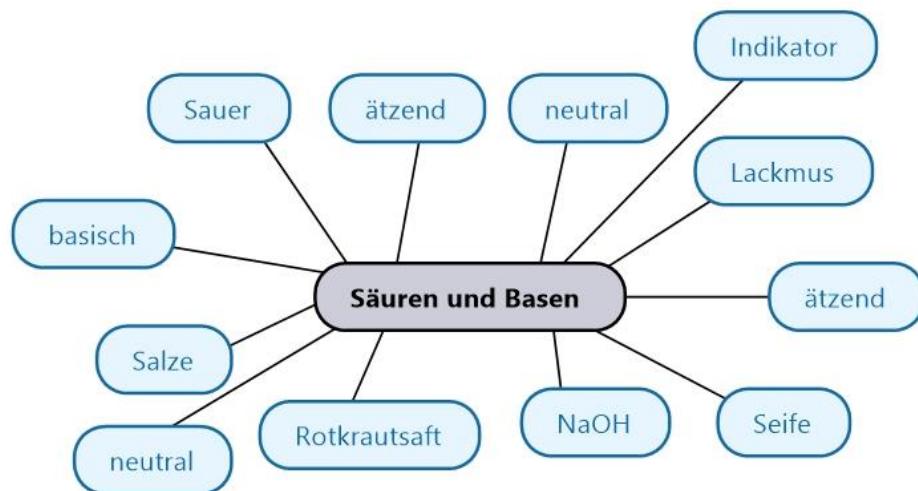


	10	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	4	12
Width	4	12
Depth	1	1
HSS	5	13
Chunks	0	0
Crosslinks	0	0
Link Number	4	12
Fehlerhafte Links	1	8
Anteil Fehler in %	25,0%	66,7%
Richtigkeitswert	2	0

10 PRÄ

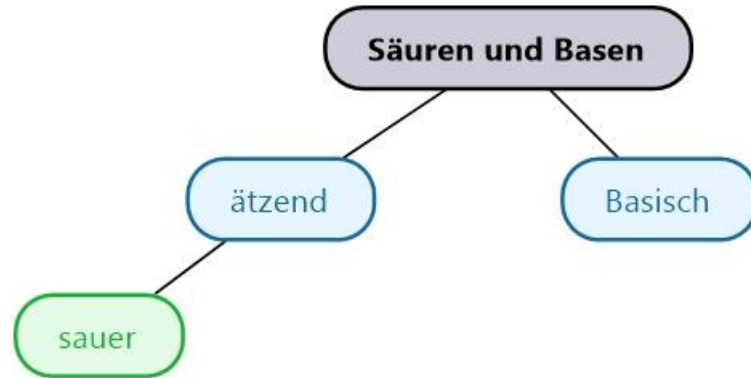


10 POST

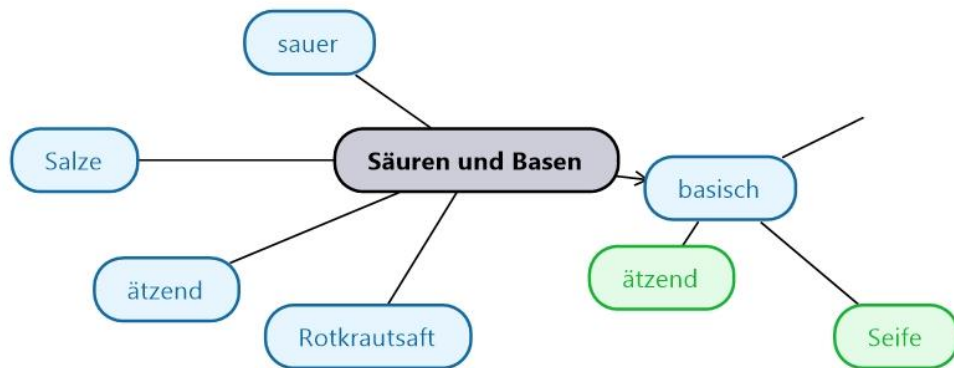


	11	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	3	7
Width	2	5
Depth	2	2
HSS	4	7
Chunks	0	1
Crosslinks	0	0
Link Number	3	8
Fehlerhafte Links	2	4
Anteil Fehler in %	66,7%	50,0%
Richtigkeitswert	0	1

11 PRÄ



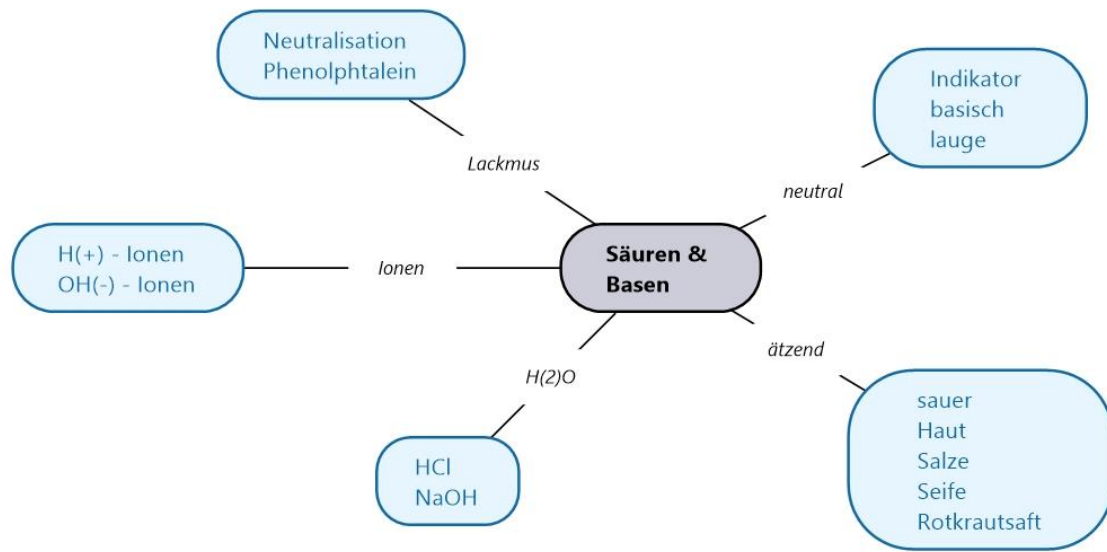
11 POST



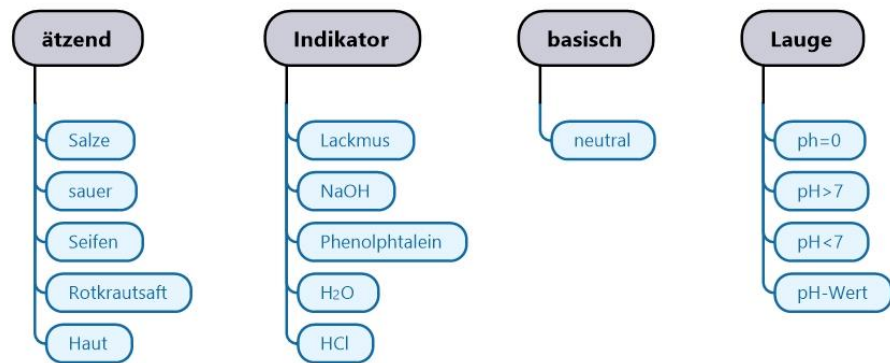
12

	Prä	Post1	Post2	Post3	Post4	Post_gesamt
Key Concept	Säuren und Basen	ätzend	Indikator(en)	basisch	Lauge	-
Concept Number	14	5	5	1	4	15
Width	14	5	5	1	4	15
Depth	1	1	1	1	1	4
HSS	15	6	6	2	5	19
Chunks	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0

12 PRÄ

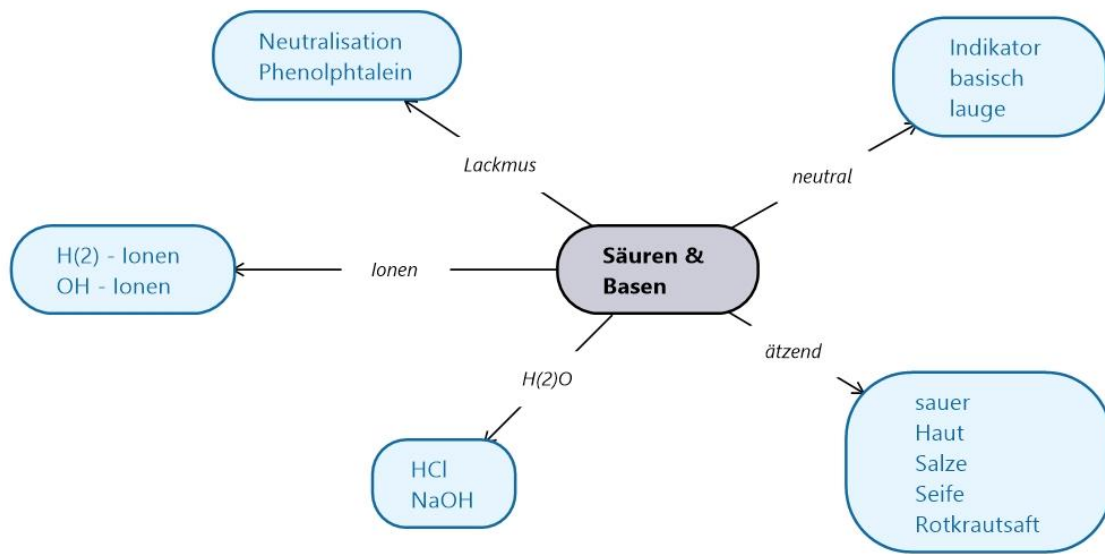


12 POST

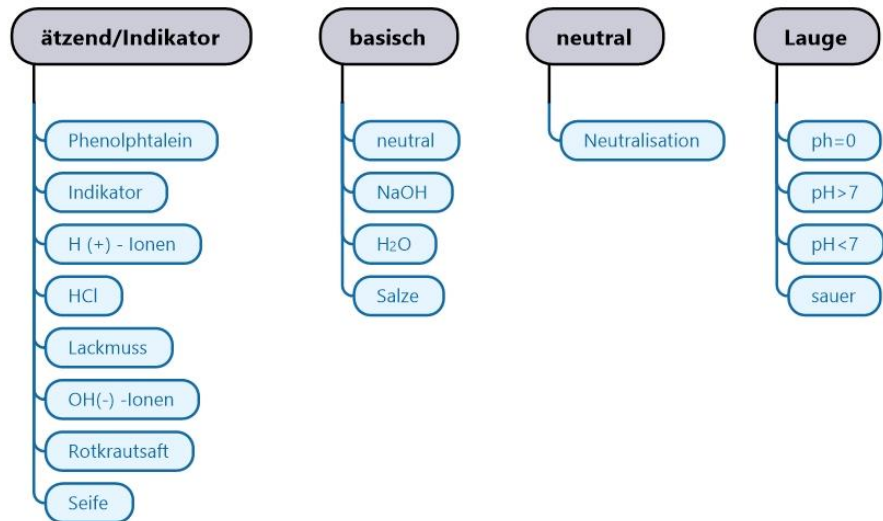


	13					
	Prä	Post1	Post2	Post3	Post4	Post_gesamt
Key Concept	Säuren und Basen	ätzend/ Indikator(en)	basisch	neutral	Lauge	-
Concept Number	14	8	4	1	4	17
Width	14	8	4	1	4	17
Depth	1	1	1	1	1	4
HSS	15	9	5	2	5	21
Chunks	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0

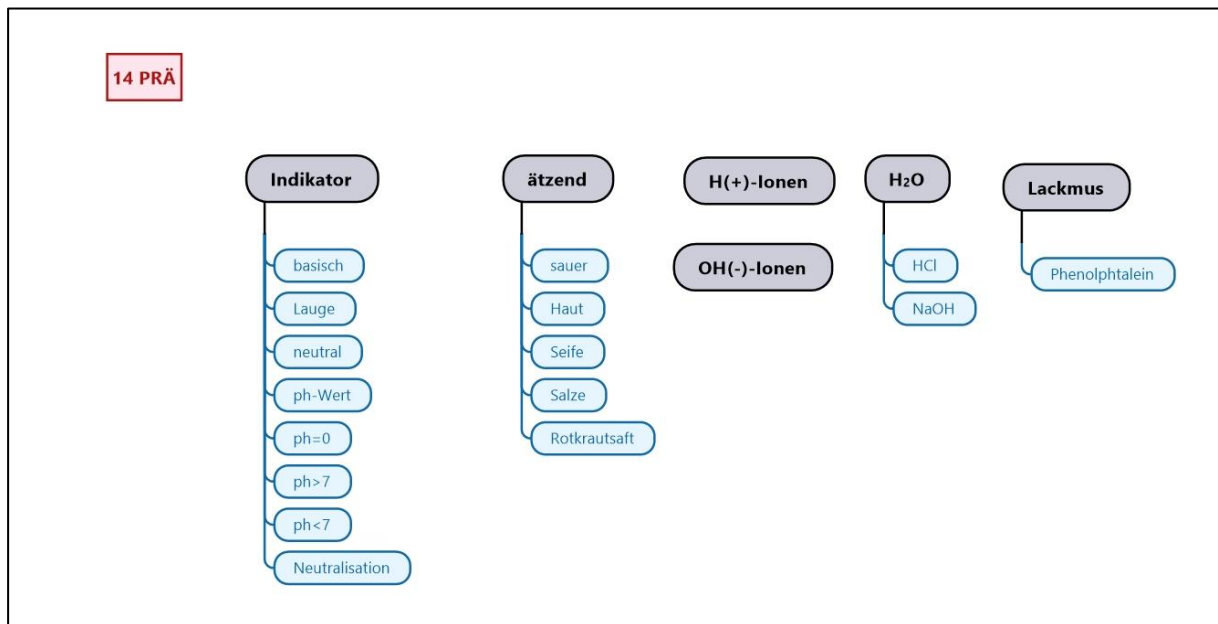
13 PRÄ



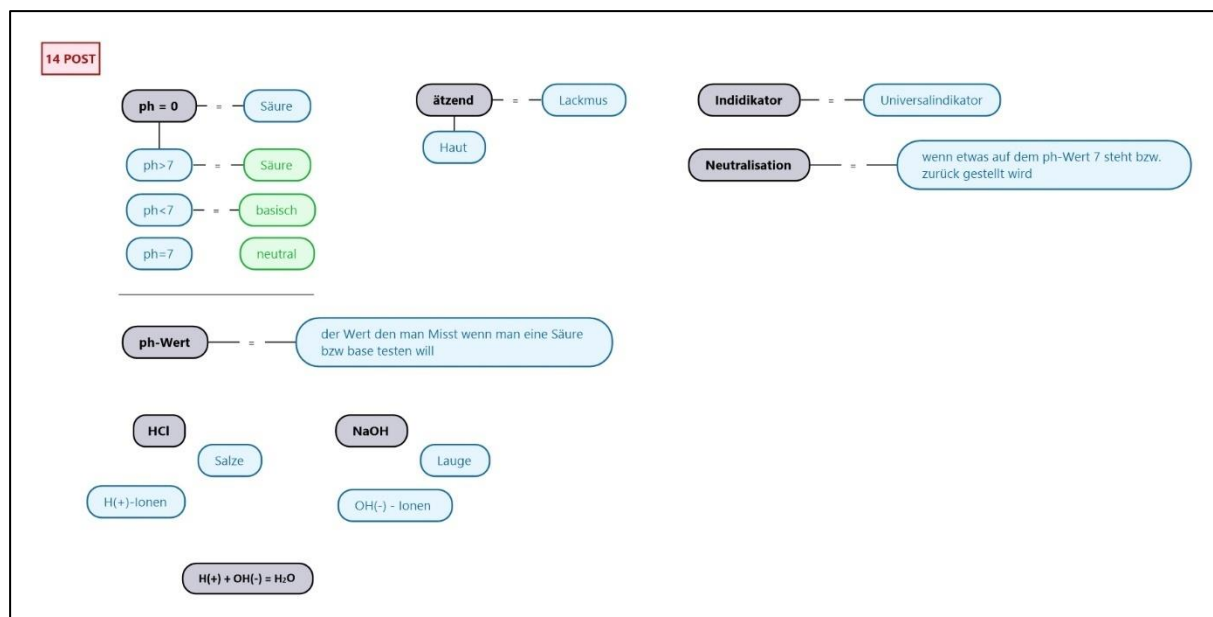
13 POST



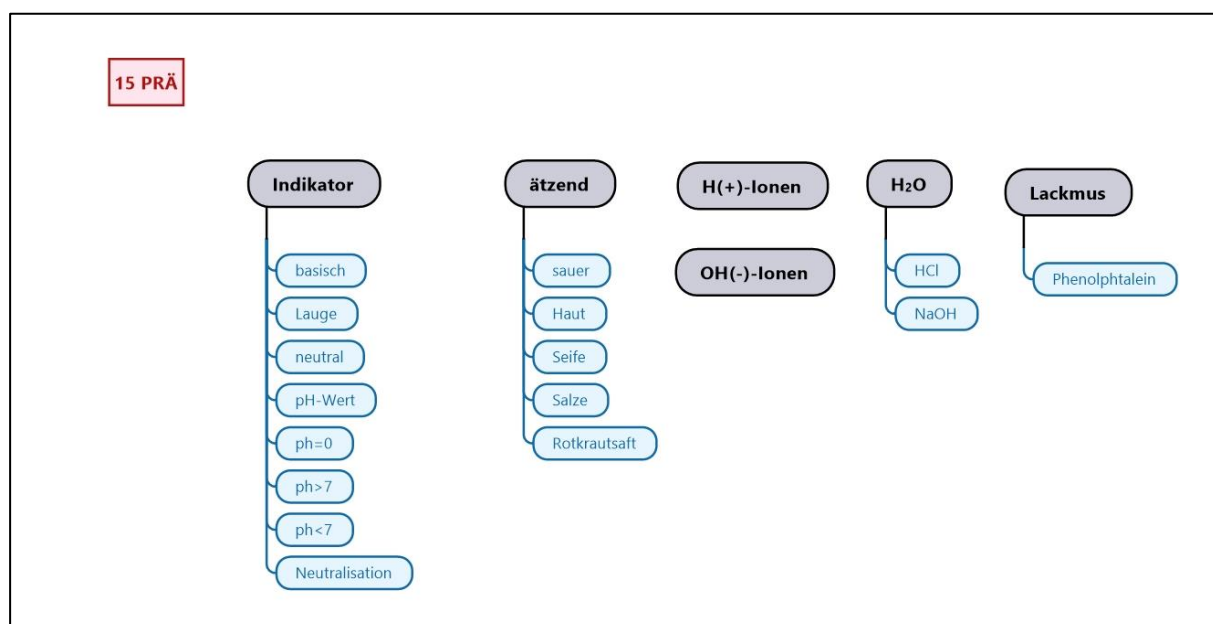
	14Prä						
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä5	Prä6	Prä_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	ätzend	H ⁺ -Ionen	OH ⁻ -Ionen	H ₂ O	Lackmus	-
Concept Number	8	5	0	0	2	1	16
Width	8	5	0	0	2	1	16
Depth	1	1	0	0	1	1	4
HSS	9	6	0	0	3	2	20
Chunks	0	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0	0



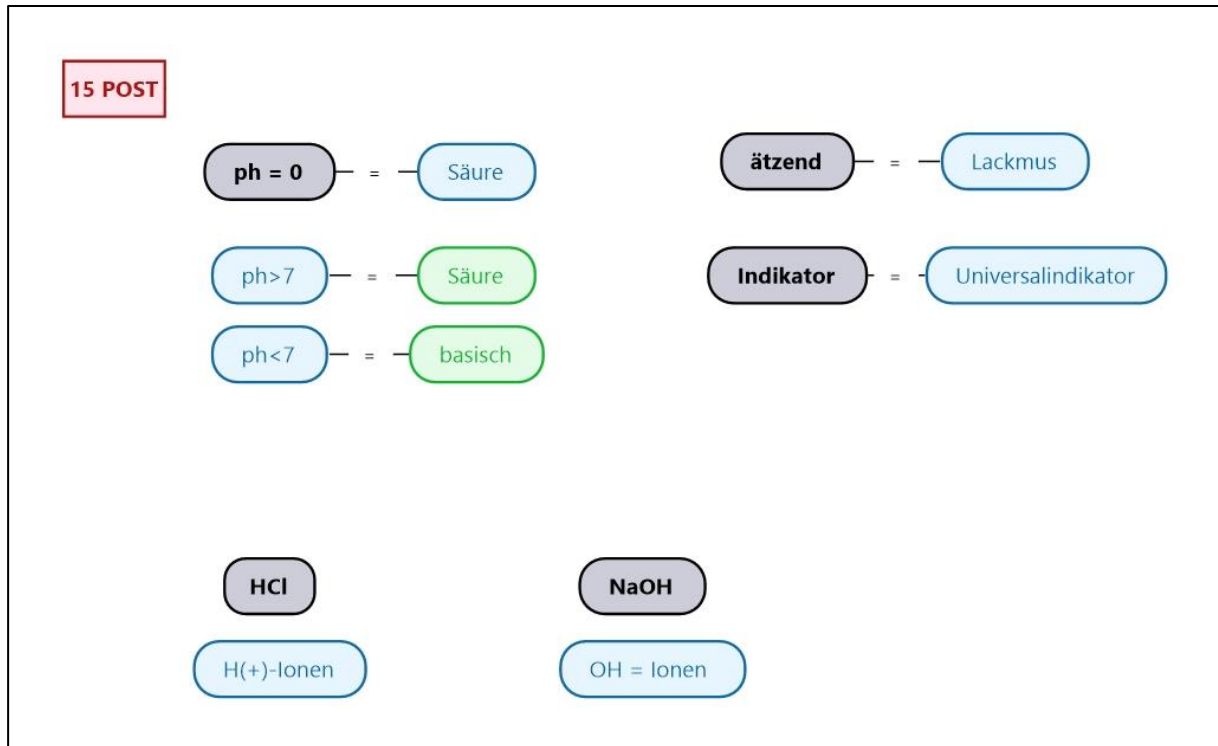
	14Post								
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post5	Post6	Post7	Post8	Post_gesamt
Key Concept	pH=0	ätzend	Indikator(en)	Neutralisation	pH-Wert	HCl	NaOH	H ⁺ + OH ⁻ → H ₂ O	-
Concept Number	7	2	1	1	1	2	2	1	17
Width	4	2	1	1	1	2	2	1	14
Depth	2	1	1	1	1	1	1	1	9
HSS	6	3	2	2	2	3	3	2	23
Chunks	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0	0	0	0



	15Prä						
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä5	Prä6	Prä_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	ätzend	H ⁺ -Ionen	OH ⁻ -Ionen	H ₂ O	Lackmus	-
Concept Number	8	5	0	0	2	1	16
Width	8	5	0	0	2	1	16
Depth	1	1	0	0	1	1	4
HSS	9	6	0	0	3	2	20
Chunks	0	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0	0

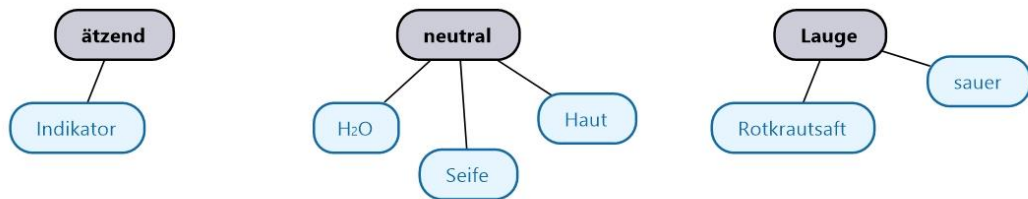


	15Post					
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post5	Post_gesamt
Key Concept	pH =0	ätzend	Indikator(en)	HCl	NaOH	-
Concept Number	5	1	1	1	1	9
Width	3	1	1	1	1	7
Depth	2	1	1	1	1	6
HSS	5	2	2	2	2	13
Chunks	0	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0	0



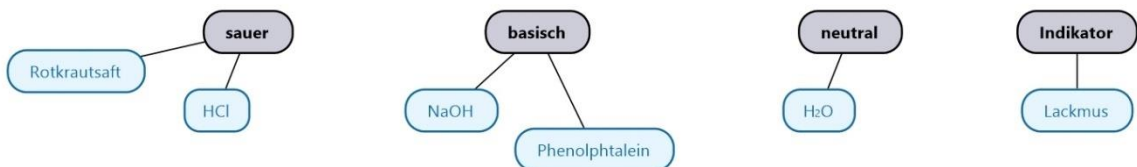
	16Prä			
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä_gesamt
Key Concept	ätzend	neutral	Lauge	-
Concept Number	1	3	2	6
Width	1	3	2	6
Depth	1	1	1	3
HSS	2	4	3	9
Chunks	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0

16 PRÄ



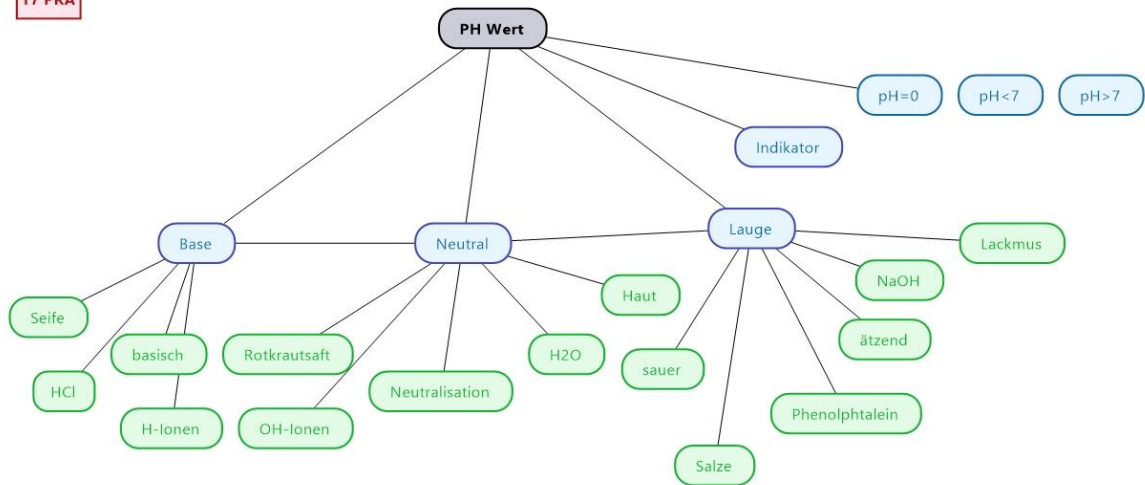
	16Post				
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post_gesamt
Key Concept	sauer	basisch	neutral	Indikator(en)	-
Concept Number	2	2	1	1	6
Width	2	2	1	1	6
Depth	1	1	1	1	4
HSS	3	3	2	2	10
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0

16 POST

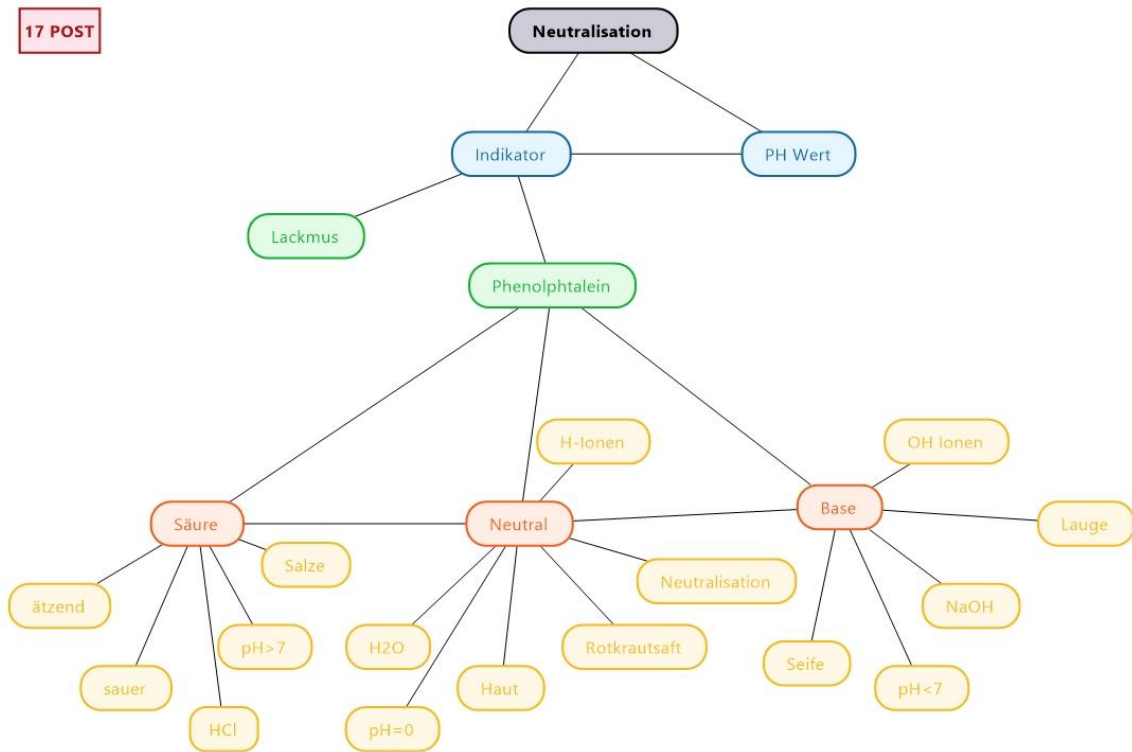


	17	
	Prä	Post
Key Concept	pH-Wert	Indikator(en)
Concept Number	22	23
Width	15	16
Depth	2	2
HSS	17	18
Chunks	3	3
Crosslinks	0	2
Link Number	22	25
Densitiy Score	21,0	24,0
Fehlerhafte Links	12	11
Anteil Fehler in %	54,5%	44,0%
Richtigkeitswert	0	1

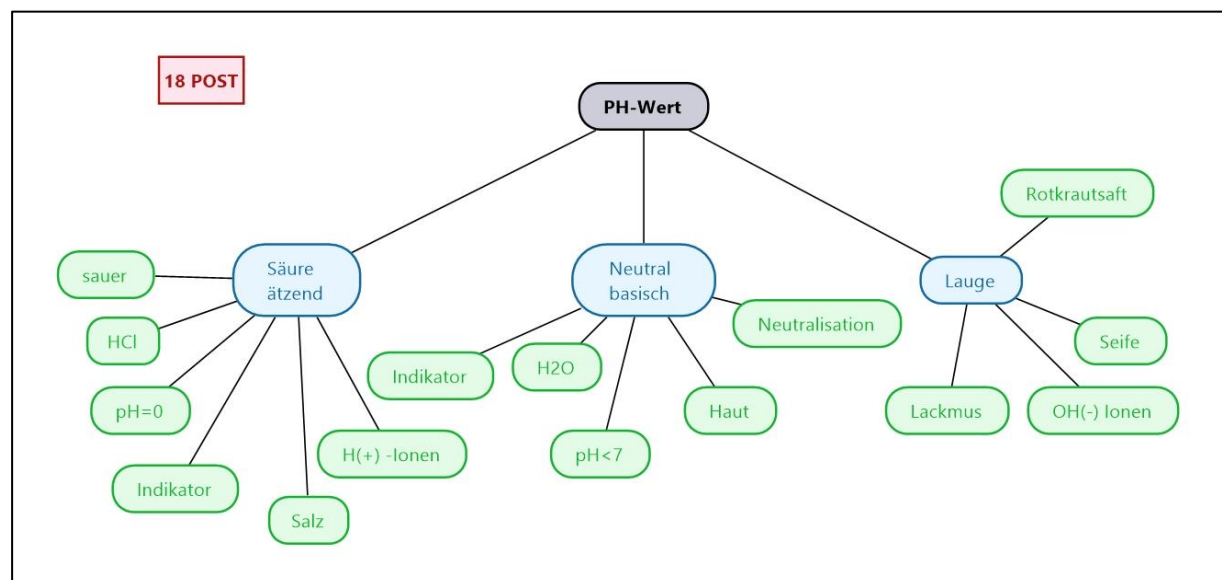
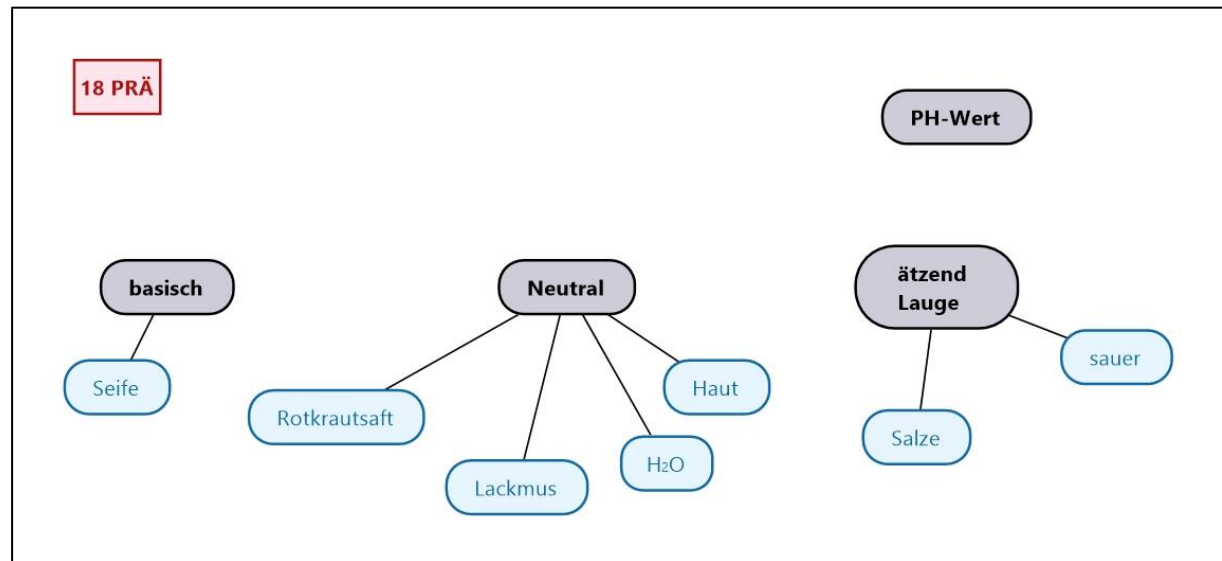
17 PRÄ



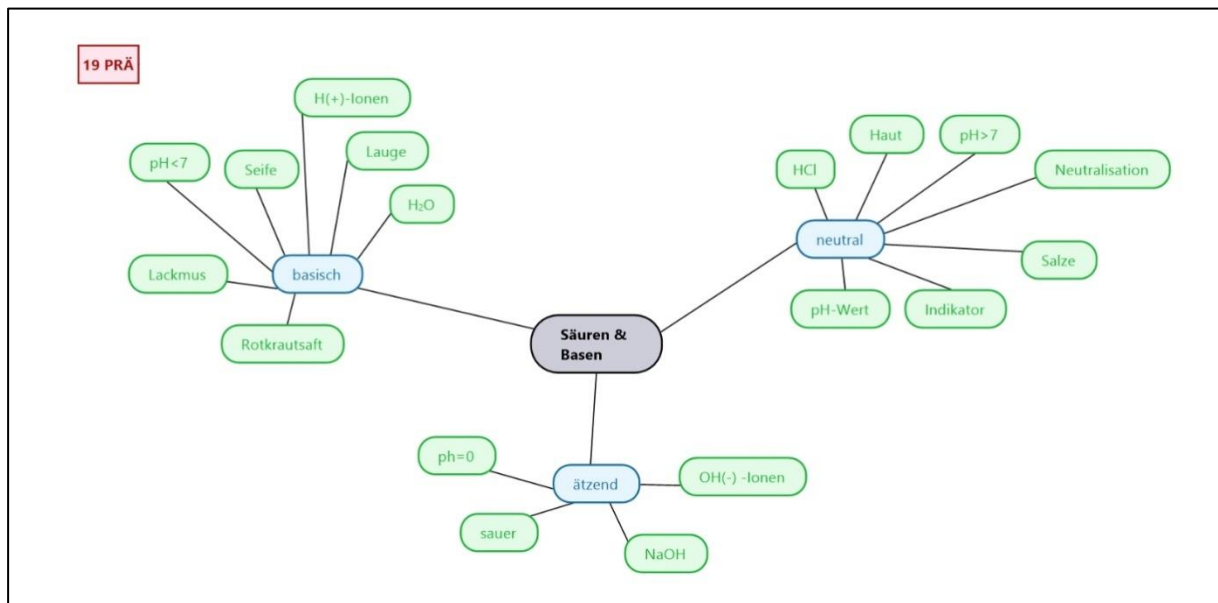
17 POST



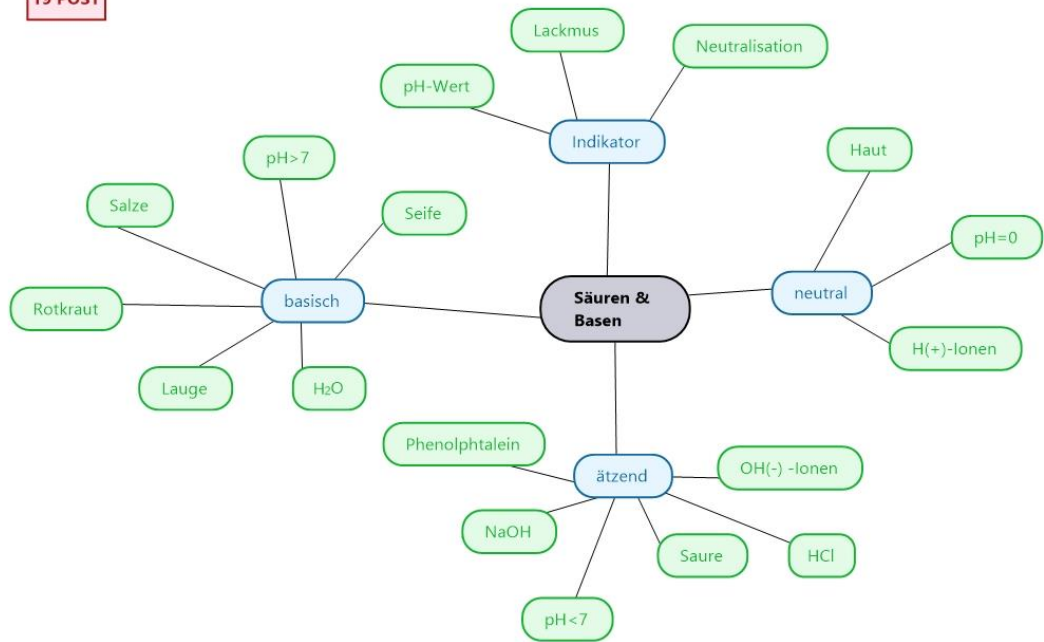
	18					
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä_gesamt	Post
Key Concept	basisch	neutral	Ätzend/Lauge	pH-Wert	-	pH-Wert
Concept Number	1	4	2	0	7	18
Width	1	4	2	0	7	15
Depth	1	1	1	0	3	2
HSS	2	5	3	0	10	17
Chunks	0	0	0	0	0	3
Crosslinks	0	0	0	0	0	0



	19	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	21	22
Width	18	18
Depth	2	2
HSS	20	20
Chunks	3	4
Crosslinks	0	0
Link Number	21	22
Densitiy Score	20,0	21,0
Fehlerhafte Links	14	14
Anteil Fehler in %	66,7%	63,6%
Richtigkeitswert	0	0



19 POST



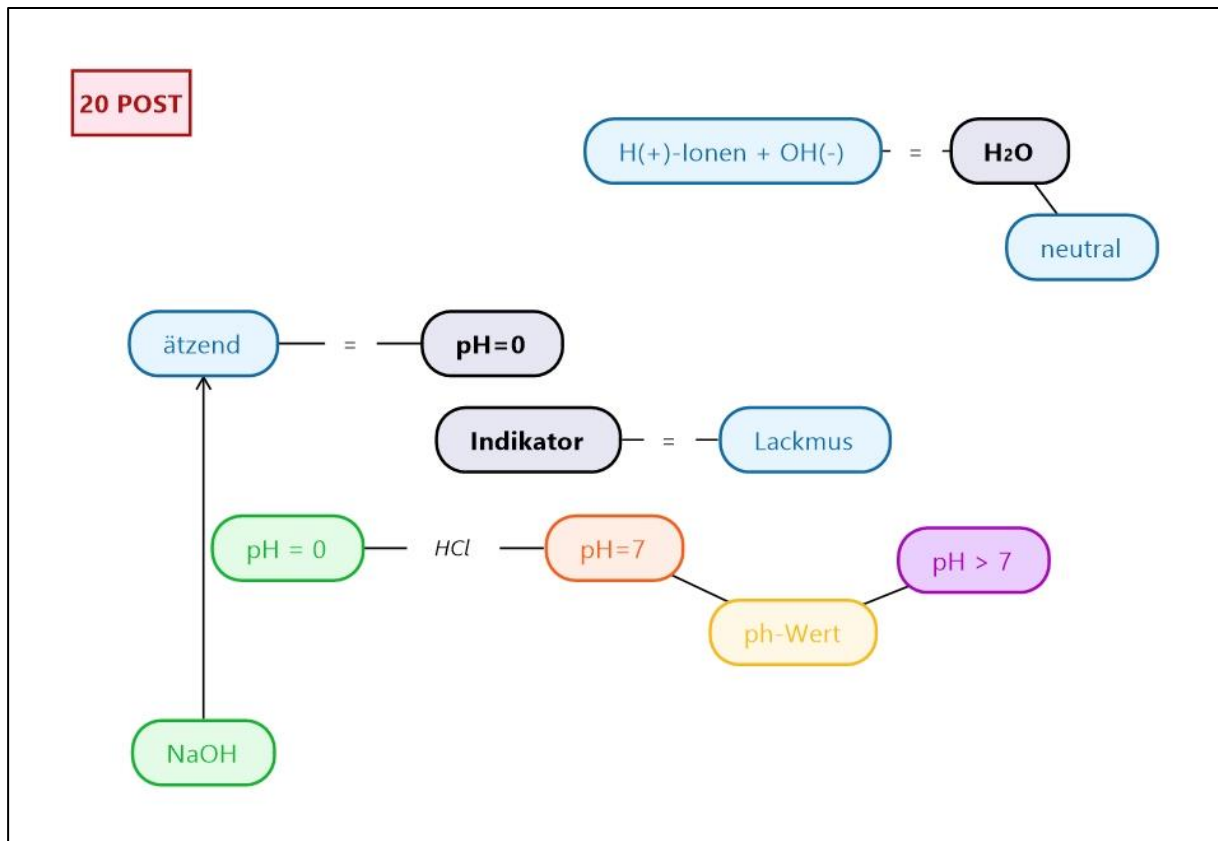
20Prä

	Prä1	Prä2	Prä3	Prä_gesamt
Key Concept	Lauge	Rotkrautsaft	Neutralisation	-
Concept Number	1	2	2	5
Width	1	2	1	4
Depth	1	1	2	4
HSS	2	3	3	8
Chunks	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0

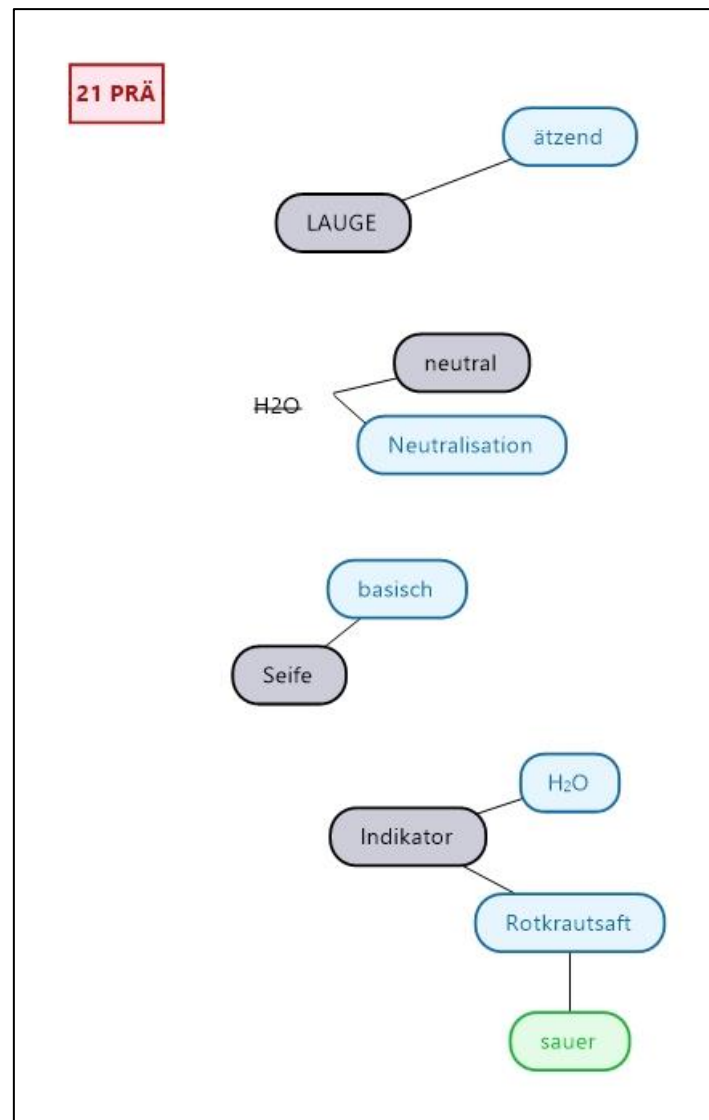
20 PRÄ



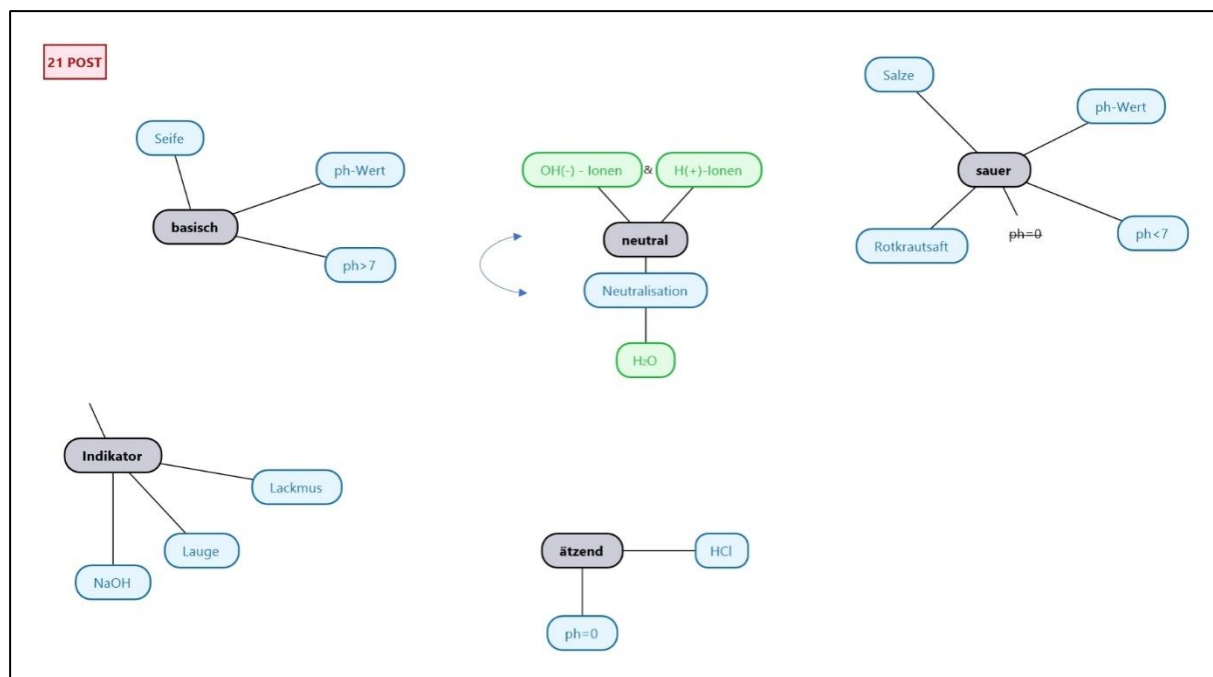
	20Post			
	Post1	Post2	Post3	Post_gesamt
Key Concept	H ₂ O	Indikator(en)	pH=0	-
Concept Number	2	1	7	10
Width	2	1	2	5
Depth	1	1	5	7
HSS	3	2	7	12
Chunks	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0



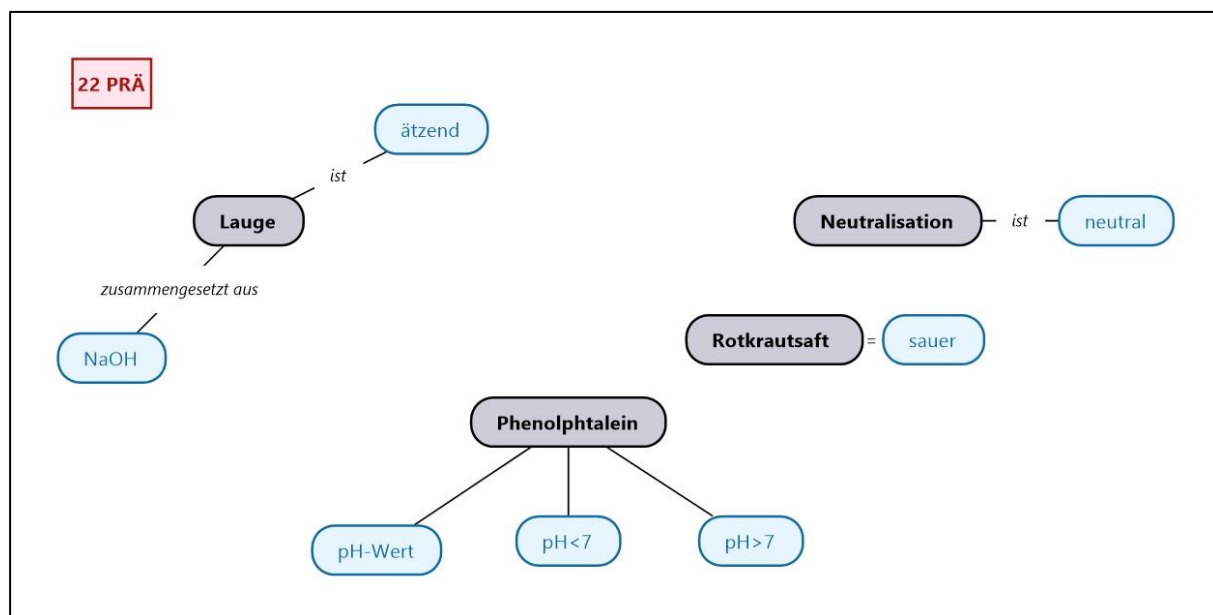
	21Prä				
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä_gesamt
Key Concept	Lauge	neutral	Seife	Indikator(en)	-
Concept Number	1	1	1	3	6
Width	1	1	1	2	5
Depth	1	1	1	2	5
HSS	2	2	2	4	10
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0



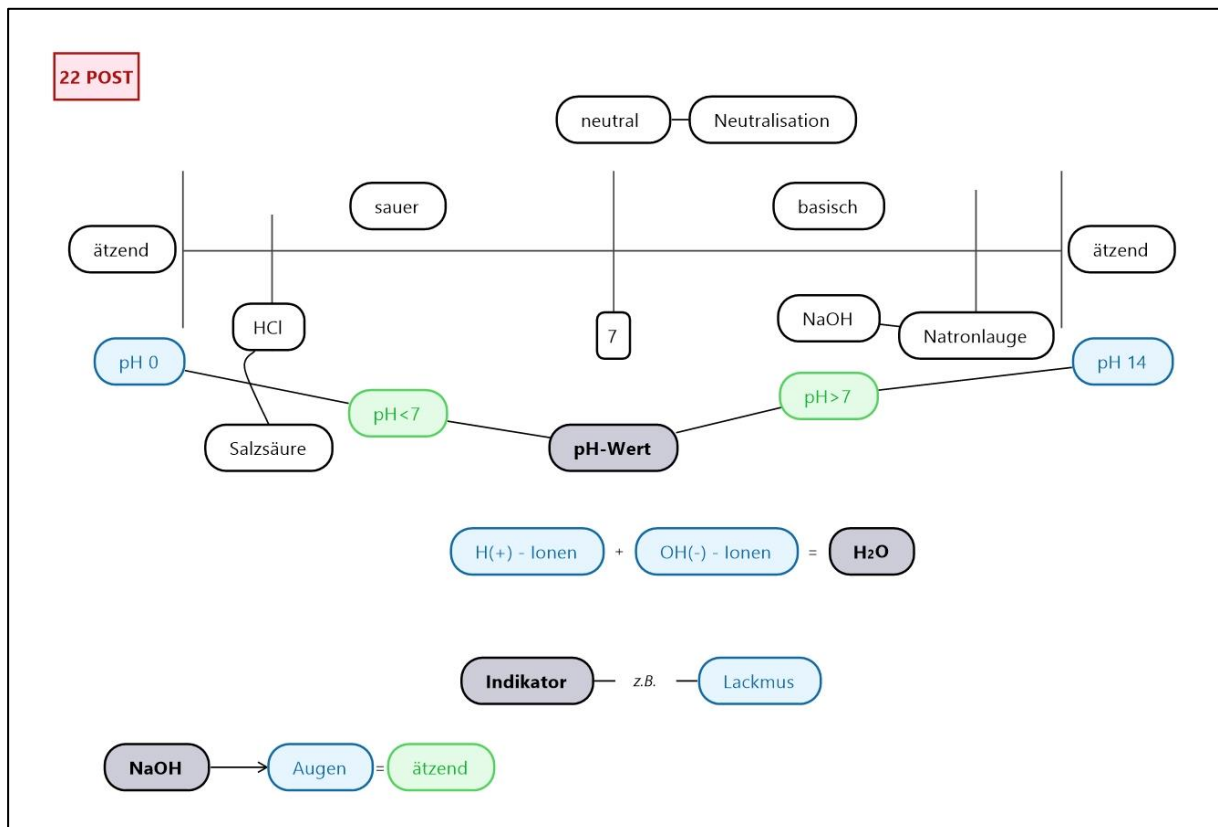
	21Post					
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post5	Post_gesamt
Key Concept	basisch	Indikator(en)	Sauer	Neutralisation	ätzend	-
Concept Number	3	3	4	4	2	16
Width	3	3	4	2	2	14
Depth	1	1	1	2	1	6
HSS	4	4	5	4	3	20
Chunks	0	0	0	1	0	1
Crosslinks	0	0	0	0	0	0



	22Prä				
	Prä1	Prä2	Prä3	Prä4	Prä_gesamt
Key Concept	Lauge	Neutralisation	Phenolphthalein	Rotkrautsaft	-
Concept Number	2	1	3	1	7
Width	2	1	3	1	7
Depth	1	1	1	1	4
HSS	3	2	4	2	11
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0



	22Post					
	Post1	Post2	Post3	Post4	Post5	Post_gesamt
Key Concept	Indikator(en)	NaOH	H ₂ O	pH-Wert	Zeichnung pH-Wertskala	-
Concept Number	1	2	2	4	nw	nw
Width	1	1	2	2	nw	nw
Depth	1	2	1	2	nw	nw
HSS	2	3	3	4	nw	nw
Chunks	0	0	0	0	nw	nw
Crosslinks	0	0	0	0	nw	nw

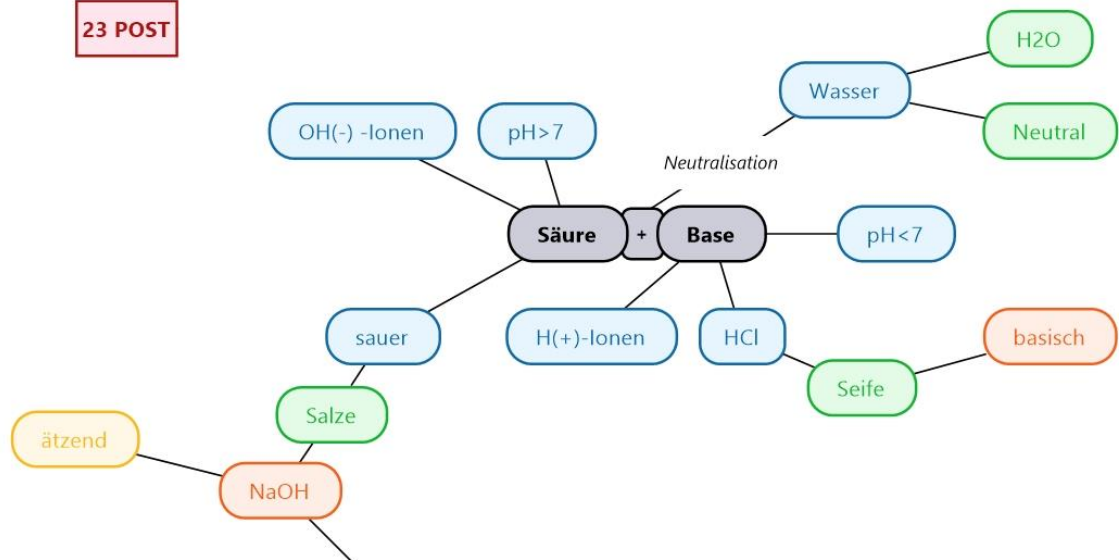


	23	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	0	14
Width	0	7
Depth	0	4
HSS	0	11
Chunks	0	1
Crosslinks	0	0
Link Number	0	15
Fehlerhafte Links	0	8
Anteil Fehler in %	100,0%	53,3%
Richtigkeitswert	0	1

23 PRÄ

Säuren und Basen

23 POST



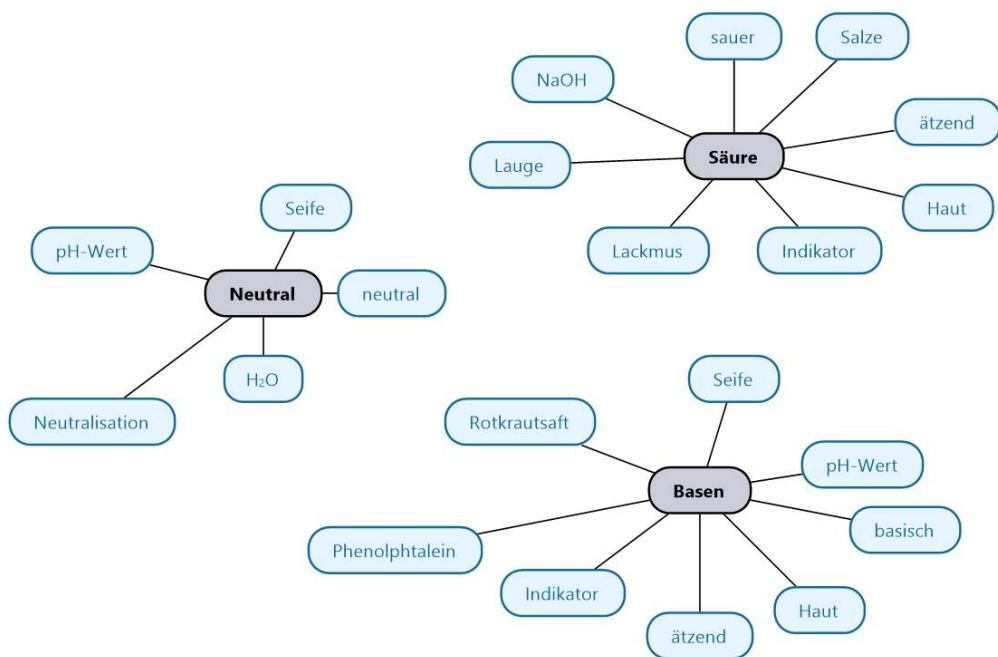
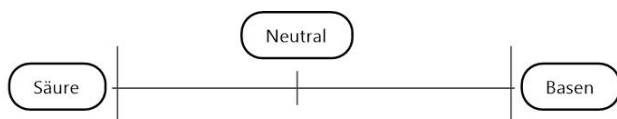
24

	Prä	Post1	Post2	Post3	Post4	Post_gesamt
Key Concept	Säuren und Basen	Säure	Neutral	Basen	Zeichnung pH-Wertskala	-
Concept Number	0	8	5	8	nw	nw
Width	0	8	5	8	nw	nw
Depth	0	1	1	1	nw	nw
HSS	0	9	6	9	nw	nw
Chunks	0	0	0	0	nw	nw
Crosslinks	0	0	0	0	nw	nw

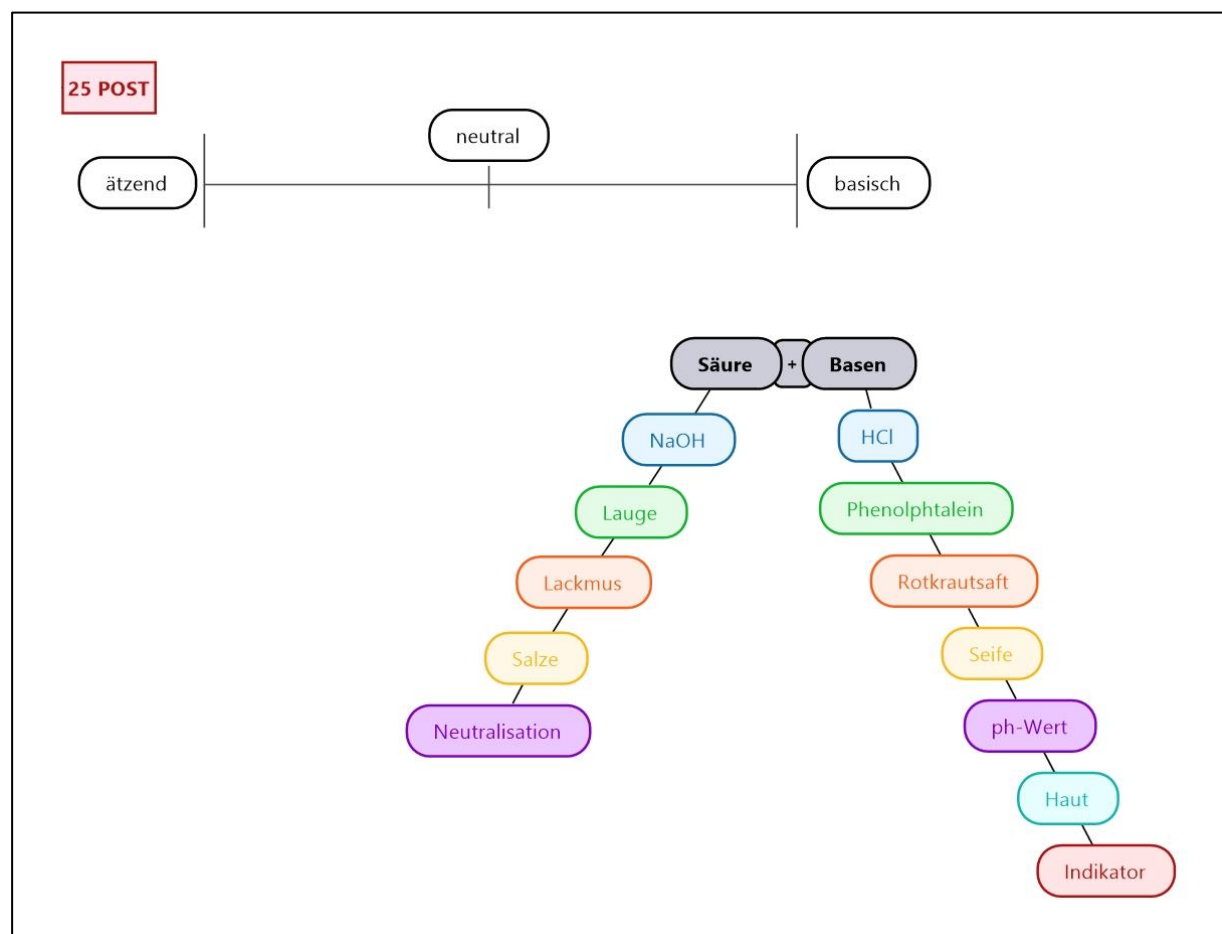
24 PRÄ

Säuren
Basen

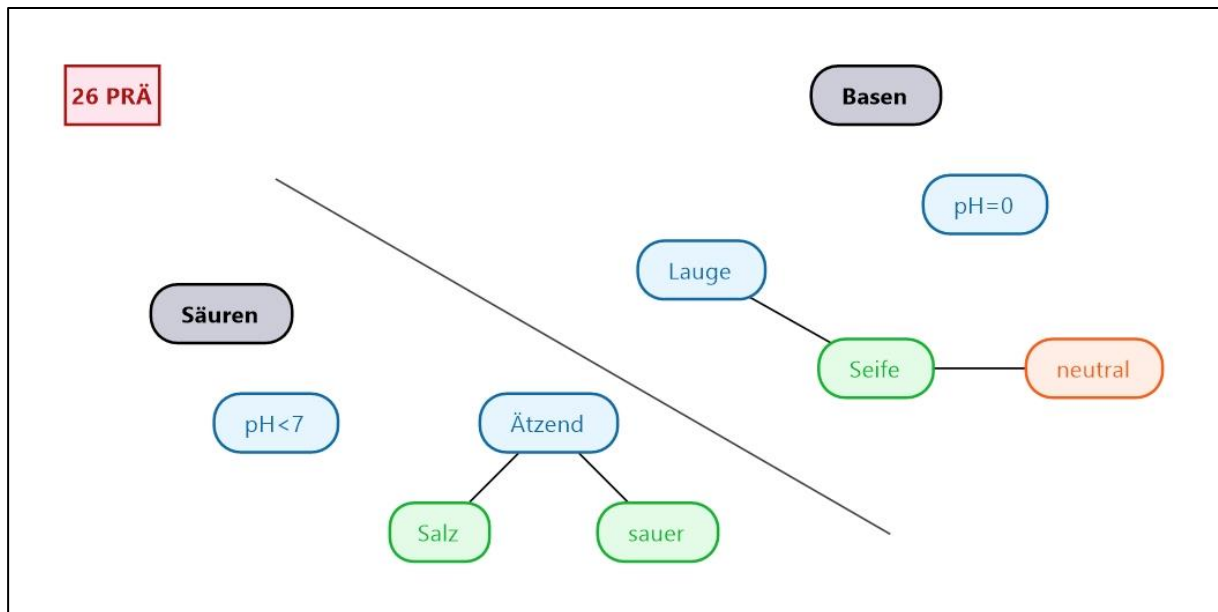
24 POST



	25			
	Prä	Post1	Post2	Post_gesamt
Key Concept	Säuren und Basen	Säuren und Basen	Zeichnung pH-Wertskala	-
Concept Number	0	12	nw	nw
Width	0	2	nw	nw
Depth	0	7	nw	nw
HSS	0	9	nw	nw
Chunks	0	0	nw	nw
Crosslinks	0	0	nw	nw

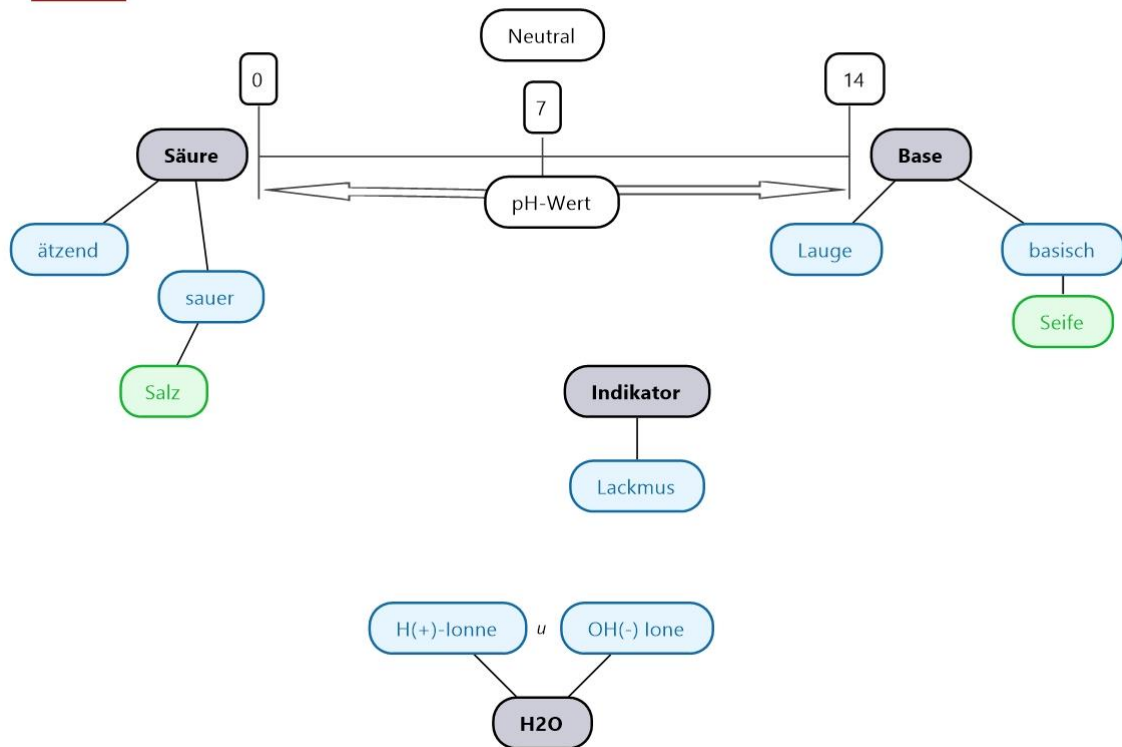


26Prä			
	Prä1	Prä2	Prä_gesamt
Key Concept	Säuren	Basen	-
Concept Number	4	4	8
Width	2	2	4
Depth	2	3	5
HSS	4	5	9
Chunks	1	0	1
Crosslinks	0	0	0



26Post					
	Post1	Post2	Post3	Post3	Post_gesamt
Key Concept	Säure	Base	Indikator(en)	H ₂ O	-
Concept Number	3	3	1	2	9
Width	2	2	1	2	7
Depth	2	2	1	1	6
HSS	4	4	2	3	13
Chunks	0	0	0	0	0
Crosslinks	0	0	0	0	0

26 POST



	27	
	Prä	Post
Key Concept	Säuren und Basen	
Concept Number	9	15
Width	6	10
Depth	2	3
HSS	8	13
Chunks	0	0
Crosslinks	0	0
Link Number	9	18
Densitiy Score	8,1	16,9
Fehlerhafte Links	4	3
Anteil Fehler in %	44,4%	16,7%
Richtigkeitswert	1	2

A.4 Angemessene und unangemessene Begriffszuordnungen aller verwertbaren Concept-Maps

Unangemessene Zuordnungen				
Überbegriff	Unterbegriff	Concept-Maps	Summe	Nodes/Anmerkungen
ätzend	Basen/basisch	DPrä, DPost, EPost, KPrä, KPost, PPost, TPrä, 9Post, 10Post, 11Post, 19Prä	11	gleichgestellt/ Basen sind...
ätzend	Neutralisation	DPost, FPost	2	-
ätzend	OH ⁻ -Ionen	19Prä, 19Post	2	-
ätzend	pH(-Wert)<7	DPost, FPost, TPrä, 19Post	4	statt sauer (zusammen mit basisch)
ätzend	pH(-Wert)>7	DPrä	1	-
ätzend	Seife	19Post	1	statt sauer (zusammen mit basisch)
ätzend	Salze	DPrä, DPost, GPrä	3	-
ätzend	Säure(n)/sauer	APrä, CPrä, DPost, GPrä, GPost, KPrä, KPost, PPrä (x2), PPost, QPrä, 7 Post, 8Prä, 9Post, 10Post, 11Prä (x2), 11Post, 17Post, 19Prä, 19Post (x2), 27Prä	23	sind
ätzend	Seife	GPrä	1	-
Base(n)/basisch	H ⁺ -Ionen	KPost, 7Post, 17Prä, 19Prä, 23Post	5	mehr
Base(n)	HCl	17Prä, 23Post	2	-
Base(n)	Indikator	10Post	1	-
Base(n)/basisch	Lackmus	PPrä, 10Post, 19Prä, 27Post	4	ist z.B.
Base(n)/basisch	Neutral	DPrä, DPost, GPrä, 10Post, 17Post,	5	gleichwertig
Base(n)	OH ⁻ -Ionen	KPost	1	weniger
Base(n)	pH(-Wert) = 0	PPrä, 7Post	2	ist z.B.
Base(n)/basisch	pH (-Wert) <7	DPrä, EPrä, KPrä, PPrä, QPrä, RPrä, 17Post, 23Post	8	hat/ ist/ haben
Base(n)	Säure(n)/sauer	GPrä, 9Post (x2), 10Post, 19Prä, 19Post	6	-
basisch	H ₂ O	19Prä, 19Post	2	-
basisch	Haut	SPrä, SPost	2	ist
basisch	Rotkrautsaft	19Prä, 19Post	2	-
basisch	Salze	CPost, 19Post	2	-

H ⁺ -Ionen	OH ⁻ -Ionen	CPrä, 7Post	2	-
Haut	Seife	TPrä	1	-
Haut	neutral	GPrä, KPrä, TPrä, TPost, 17Prä, 17 Post, 19Prä, 19Post	8	ist Wasser für...
HCl	Salze	5Post	1	-
HCl	Seife	23Post	1	-
Indikator	Neutralisation	APrä, 17Post, 19Post	3	-
Indikator	Lauge	APrä, APost, CPrä, CPost	4	-
Indikator	Wasser/H ₂ O	KPrä, TPost	2	bestimmt ob
Indikator	neutral	SPrä	1	-
Lackmus	pH(-Wert) = 0	5Post	1	-
Lauge	ätzend	17Prä	1	-
Lauge	H ₂ O	TPrä	1	-
Lauge	Lackmus	17Prä	1	-
Lauge	NaOH	17Prä, 27Post	2	gleichgestellt
Lauge	Phenolphthalein	17Prä	1	-
Lauge	Salze	TPrä, 17Prä	2	-
Lauge	sauer/Säure(n)	PPrä, 17Prä	2	-
NaOH	H ₂ O	APrä	1	-
NaOH	pH(-Wert) < 7	5Post	1	-
NaOH	Salze	APrä, 23Post	2	-
NaOH	Salzsäure	APrä	1	-
neutral	H ⁺ -Ionen	17Post, 19Post	2	-
neutral	HCl	19Prä	1	-
neutral	NaOH	TPrä	1	-
neutral	OH ⁻ -Ionen	17Prä	1	-
neutral	pH(-Wert) = 0	APrä, CPrä, DPrä, EPrä, FPost, KPost, TPrä, 17Post, 19Post	9	-
neutral	pH(-Wert)>7	19Prä	1	-
neutral	Rotkrautsaft	17Prä, 17Post	2	-
neutral	Salze	GPost, 19Prä	2	-
neutral	Säure	10Post, 17Post, 19Prä, 19Post	4	gleichwertig
neutral	Seife	APrä, DPrä	2	-
Neutralisation	Haut	EPost	1	-
Neutralisation	Phenolphthalein	KPost	1	durch gleichgroßes Zugeben von Basen
Neutralisation	pH-Wert	17Post	1	zu triviale Zuordnung
Neutralisation	etwas neues aus dem machen	5Post	1	zu ungenau
Phenolphthalein	neutral	17Post	1	-
Phenolphthalein	basisch	17Post	1	-

pH(-Wert)<7	Salze	FPrä	1	-
pH(-Wert)<7	Seife	FPrä	1	-
pH(-Wert)=0	H ₂ O/Wasser	FPost, KPrä	2	-
pH(-Wert)=7	pH(-Wert)<7	RPrä, RPost	2	-
pH(-Wert)=7	pH(-Wert)>7	RPrä, RPost	2	-
pH(-Wert)>7	pH(-Wert)<7	TPost	1	gleichgestellt
pH(-Wert)>7	Säure(n)/sauer	CPrä, DPrä, EPrä, EPost, KPrä, PPrä, QPrä, RPrä, SPrä, TPost, 5Post, 8Post, 17Post, 23Post	14	sind/ hat/ ist/ haben einen
pH-Wert	ab 7 neutral	7Post	1	-
pH-Wert	ätzend	APost, 8Post	2	-
pH-Wert	Haut	FPrä	1	zu triviale Zuordnung
pH-Wert	Lauge	17Prä	1	-
pH-Wert	Rotkrautsaft	FPrä	1	zu triviale Zuordnung
pH-Wert	Salze	FPrä	1	zu triviale Zuordnung
pH-Wert	Seife	FPrä	1	zu triviale Zuordnung
sauer	Salze	CPrä, 23Post	2	-
sauer	Seife	CPost	1	-
Säuren	H ⁺ -Ionen	KPost	1	weniger
Säuren	NaOH	EPrä, PPrä	2	-
Säuren	OH ⁻ -Ionen	KPost, 23Post	2	mehr
Säuren	Salze	EPost, KPrä, PPrä, PPost, 9Post, 10Post, 10Prä, 11Post, 17Post, 27Post, 27 Prä,	11	z.B./ bestehen aus/ sind z.B./ sind
Säuren und Basen	ätzend	APrä, 5Prä, 5 Post	3	sind
Säuren und Basen	H ₂ O	5Post, 8Prä	2	-
Säuren und Basen	HCl	5Post	1	-
Säuren und Basen	Indikator	APrä, APost, CPost	3	-
Säuren und Basen	Lackmus	5Post	1	-
Säuren und Basen	NaOH	APrä, 5Post	2	-
Säuren und Basen	neutral	GPost, 27Prä	2	-
Säuren und Basen	pH(-Wert)>7	5Post	1	-
Säuren und Basen	pH(-Wert)>7	CPost	1	-
Säuren und Basen	Rotkrautsaft	27Prä	1	-

Säuren und Basen	Seife	5Prä	1	besteht aus
Seife	Salze	5Prä	1	besteht aus
Wasser	neutralisieren	PPost	1	kann Säuren und Basen
Wasser	neutral	SPrä	1	ist nicht
"fehlende" Concepts		9Prä, 11Post	2	Links ohne folgendes Concept

Angemessene Zuordnungen				
Überbegriff	Unterbegriff	Concept-Maps	Summe	Nodes/Anmerkungen
0 (und) 14	brennt auf Haut	8Post	1	-
ätzend	brennt auf der Haut	7Post	1	-
ätzend	H ⁺ -Ionen	FPost	1	verschiedene viele
ätzend	Haut	APrä, APost, KPrä, 5Prä, 5Post, 8Prä, 27Prä	7	es verbrennt alles was es berührt/ Haut wird...
ätzend	HCl	DPost	1	-
ätzend	Indikator	DPrä	1	kann zeigen ob
ätzend	NaOH	19Prä, 19Post, 23Post	3	-
ätzend	pH(-Wert) = 14	APost, GPost	2	-
ätzend	pH(-Wert): 0 und 14	7Post	1	-
ätzend	Wert	DPost	1	zeigt ob
Base	Ammoniak	QPrä, QPost	2	zählt zu den/ ist
Base	ätzend	QPost, RPost	2	können sein
Base	basisch	EPrä, EPost, GPost, KPost, PPost, PPrä, QPrä, 7Prä, 8Prä, 11Prä, 11Post, 17Prä, 27Prä	13	sind
Base(n)/basisch	Indikator	DPrä, EPrä, KPrä, KPost, RPost, SPPrä, SPost, TPrä, TPost	9	(mit Indikator) misst man mit/ (Basen) messbar mit/ bestimmt ob/ gibt durch unterschiedliche Farben an...
Base(n)/basisch	Lauge	DPrä, DPost, EPrä, EPost, FPrä, GPrä, GPost, KPrä, KPost, PPost, QPrä, RPrä, RPost,	22	(Lauge) ist z.B./ zählt zu den; Base(n) ist/sind...

		SPrä, TPost, 5Post, 7Prä, 17Post, 19Prä, 19Post, 27Prä, 27Post		
Base(n)/basisch	NaOH	APost, DPost, EPost, KPost, PPost, TPost, 9Post, 10Post, 17Post	9	ist (z.B.)
Base(n)/basisch	Neutralisation	DPost, FPost, KPost, SPrä, SPost	5	mit Säuren/ zusammen mit Säuren/ gemeinsam mit Säuren/ vermischt mit Säuren
Base(n)/basisch	OH ⁻ -Ionen	APost, GPost, SPost, 17Post, 27Post	5	viele
Base(n)/basisch	pH(-Wert)>7	APrä, APost, CPost, DPost, EPost, FPost, GPost, KPost, PPost, RPost, QPost, SPost, TPrä, 7Post, 19Post, 27Post (x2)	17	haben/ wenn/ ist
Basen	pH-Wert	APrä, APost, DPost, FPrä, PPrä, PPost, SPrä, SPost, 17Prä, 27Post	10	sind durch/ zeigt an ob etwas/ angegeben durch
Basen	Säuren	PPrä	1	Gegensatz
Base(n)/basisch	Seife	CPrä, DPost, EPrä, EPost (x2), KPost, PPrä, PPost, QPrä, QPost, SPrä, TPost, 9Prä, 9Post, 10Prä, 10Post, 11Post, 17Prä, 17Post, 19Prä, 19Post, 23Post, 27Post	23	sind (z.B.)/ ist (z.B.)/ zählt zu den
Base(n)/basisch	H ⁺ -Ionen	APost, CPost, FPost, QPost, SPost	5	(Basen) haben wenig/ verschiedene viele als Säuren
Farbindikatoren	Indikatoren	QPost	1	sind
Farbindikatoren	Farbänderung	QPost	1	geben an ob ... stattfindet
H ⁺ -Ionen	Neutralisation	CPrä	1	führt gemeinsam (mit OH ⁻) zu
H ⁺ -Ionen	OH ⁻ -Ionen	PPost, RPost (x2)	3	sind Gegenspieler zu/ viel ... = wenig ...

H ⁺ -Ionen	Wasser/H ₂ O	EPost, SPost, TPost, 7Post, 8 Post	5	mit OH ⁻ auch in
H ₂ O/Wasser	neutral	APost, CPrä, CPost, DPost, GPost, KPrä, PPrä, PPost, QPost, SPost, 5Post, 17Prä, 17Post, 23Post	14	ist
H ₂ O	Neutralisation	EPost, TPost	2	entsteht bei
H ₂ O	OH ⁻ -(Ionen)	EPost, SPost, TPost, 27Post,	4	mit H ⁺ -Ionen
H ₂ O	Wasser	PPost, QPrä, QPost, 7Post, 8Prä, 8Post, 23Post	7	ist
HCl	Salzsäure	PPost	1	ist
HCl	Säure(n)/sauer	APost, EPost, PPost, RPost, SPost, TPost, 17Post, 27Post	8	ist/ sind (z.B.)
Indikator	Lackmus	APost, CPost, DPost, EPost, FPost, KPost, PPost, QPost, RPost, SPost, TPost, 17Post, 19Post	13	ist ein/ ist (z.B.)/ Lackmus = Farbindikator
Indikator	neutral	DPrä, KPost, QPost, RPrä, SPost, TPrä, 19Prä	7	bestimmt ob/ zeigen an/ misst ob/ kann zeigen ob/ wie groß pH/ messbar mit
Indikator	pH(-Wert)<7	EPrä, KPrä, QPost, RPrä	4	zeigt, misst ob/ wie groß/ zeigen an
Indikator	pH(-Wert)=0	KPrä	1	zeigt
Indikator	pH(-Wert)>7	EPrä, KPrä, QPost, RPrä, TPost	5	bestimmt ob/ misst ob/ misst wie groß pH/ zeigen an
Indikator	Phenolphthalein	APost, CPost, DPost, EPost, PPost, SPost, TPost, 17Post	8	ist (ein)/ auch möglich/ ist (z.B.)
Indikator	pH-Wert	DPrä, EPrä, EPost, FPost, KPrä, KPost, PPost, SPrä, TPost, 17Prä, 17Post, 19Post	12	zeigt an, für, misst/ gemessen/ messbar mit
Indikator	Rotkrautsaft	APrä, APost, CPrä, CPost, RPrä, RPost, SPrä, SPost	8	ist

Indikator	Säure(n)/sauer	EPrä, EPost, FPrä, KPrä, KPost, RPost, SPost, TPrä, TPost	9	gibt durch unterschiedliche Farben an ob/ bestimmt ob/ messbar mit
Lauge	Seife	EPrä, EPost, KPrä, 27Prä	4	entsteht aus (Lauge aus Seife)
NaOH	Natriumlauge	PPost	1	-
NaOH	OH ⁻ -Ionen	EPrä	1	-
neutral	Neutralisation	DPost, EPrä, EPost, TPrä, 17Post	5	-
neutral	pH(-Wert) = 7	APost, CPost, QPost, RPrä, SPrä	5	ist
neutral	pH-Wert	APrä, APost, DPost, PPrä, PPost, SPost, TPost, 17Prä, 19Prä	9	angegeben durch/ zeigt an, ob etwas...
Neutralisation	Ausgleich von H ⁺ - und OH ⁻ -Ionen	PPost	1	-
Neutralisation	Indikator	EPost	1	misst man
Neutralisation	neutralisieren	PPost	1	man tut
Neutralisation	pH(-Wert)=7	EPost	1	-
Phenolphthalein	Säure	KPost	1	-
pH(-Wert) <7	ergibt sich durch Anzahl der H ⁺ -Ionen	RPost	1	-
pH(-Wert) <7	Haut	FPrä	1	-
pH(-Wert) <7	HCl	CPost	1	-
pH(-Wert) <7	pH-Wert	CPrä, CPost, EPrä, FPost, KPost, TPrä, 17Prä	7	ist
pH(-Wert) <7	Rotkrautsaft	FPrä	1	hat einen
pH(-Wert) <7	Säure(n)/sauer	APrä, APost, CPost, GPost, KPost, PPost, QPost, RPost, SPost, 27Post (x2)	11	dann/ haben/ wenn
pH(-Wert) = 0	ätzend	APost, CPost, EPost, GPost, TPost, 7Post, 8Post, 19Prä, 27Post	9	dann/ =
pH=0	pH=14	GPost	1	oder (mit "ätzend" übergeordnet"
pH(-Wert) =0	am sauersten	PPost	1	ist am
pH(-Wert) >7	14	SPost	1	-
pH(-Wert) >7	ergibt sich durch Anzahl der H ⁺ -Ionen	RPost	1	-

pH(-Wert) >7	NaOH	CPost	1	-
pH(-Wert) >7	pH-Wert	CPost, EPrä, EPost, FPost, KPost, TPrä, 5Post, 17Prä	8	ist/ Bsp. Für
pH -Wert	7	TPost	1	=
pH -Wert	0,14 ätzend	8Post	1	-
pH -Wert	Anzahl der H ⁺ -Ionen	DPost	1	=
pH-Wert	H ⁺ -Ionen	PPost	1	zeigt Anzahl der...an
pH-Wert	pH(-Wert) = 0	CPrä, CPost, EPrä, FPost, KPost, TPrä, TPost, 17Prä	8	ist/ z.B.
pH(-Wert)	pH(-Wert) = 7	CPost	1	-
pH-Wert	Säure(n)/sauer	APrä, APost, FPrä, PPrä, PPost, SPrä, 27Post	7	zeigt an, ob etwas/ angegeben durch
pH-Wert	zeigt [auch] ob 0 oder 14	7Post	1	-
Säure(n)/sauer	H ⁺ -Ionen	APost, CPost, GPost, QPost, 8Post, 27Post	6	viele
Säure(n)/sauer	Phenolphthalein	17Post	1	-
Säure(n)/sauer	Haut	KPost, PPrä, PPost, QPost	4	ist/ pH: 5-6/ z.B.; auch ... ist leicht sauer
sauer	Neutralisation	KPrä, SPrä, SPost	2	vermischt mit B/ durch gleich großes Zugeben von B
sauer	viel H ⁺ -Ionen	APost, SPost	2	-
sauer	wenig OH ⁻ -Ionen	APost, SPost	2	-
Säure(n)	sauer/saure Flüssigkeit	EPost, GPost, KPost, PPrä, PPost, 17Post	2	-
Säure(n)	ätzend	QPost, RPrä, RPost, SPrä	4	kann sein
Säure und Basen	Indikator	CPrä, 5Post, 19Post	3	gemessen/ feststellbar
Säure und Basen	Neutralisation	EPrä, EPost, 5Post, 23Post	4	+/- gemeinsam
Säure und Basen	Wasser	23Post	1	gemeinsam
Säure(n)/sauer	pH(-Wert) = 0	EPost, PPost, SPost, 8Post, 27Post	5	(pH = 0) ist eine...
Säure(n)/sauer	Rotkrautsaft	EPrä, EPost (*2), PPrä, PPost, 9Prä, 9Post, 10Prä, 10Post, 11Post	10	sind (z.B.)
Säuren	Salpetersäure	QPrä, QPost	2	zählt zu (den)
Säuren	Schwefelsäure	QPrä	1	zählt zu (den)

Säuren	Zitronensäure	QPrä, QPost	2	zählt zu (den)
Säuren und Basen	OH ⁻ -Ionen	CPrä	1	haben
Säuren und Basen	pH-Wert	APrä, APost, CPrä, 8Post	4	haben
Säuren und Basen	Salze	10Prä	1	gemeinsam
Säuren und Basen	Seife	9Prä	1	bilden gemeinsam
Wasser	Basen	QPrä	1	zählt nicht dazu
Wasser	pH-Wert ~7	QPrä	1	hat einen
Wasser	pH-Wert = 7	DPost	1	-
Wasser	Säuren	QPrä	1	zählt nicht dazu
Wasser	Verdünnungsmittel verwendet werden	QPost	1	kann als

A.5 Interviewleitfaden

- Vorstellung von mir
- Anonymität gegenüber der Lehrkraft⁴
- Dient der Forschung

Wärst du **bereit**, dieses Interview zu führen?

Notieren und erfragen:

Geschlecht:

Alter:

- Ich stelle mich jetzt ganz **dumm**. Kannst du mir erklären, **was** du gerade gemacht hast?
Warum, warum
 - **Säure** Was ist das **Gegenteil** einer Säure?
 - Hast du vorher einmal etwas von einer **Base** oder einer basischen Lösung gehört? Was?
 - Was ist der **Unterschied** zwischen Base und Säure?
 - Wozu kann man einen **Indikator** verwenden?
- Warum glaubst du, **ändert** sich die Farbe?
- Was ist der **Unterschied** zwischen Lackmus und Universal**indikator** (erster und zweiter Versuch?)
- Was haben euch die **Farben** bei den Versuchen gebracht? Woher kamen diese Farben? (Zusatzfrage, falls in CM vorhanden: Welche Farbe haben Säuren oder saure Lösungen?)
- Welcher zeigt **genauer** an, ob etwas sauer, basisch oder neutral ist? Warum?
- Was muss ein **Farbstoff** können, damit man ihn als Indikator verwenden kann?
- Ihr habt jetzt mit sauren Lösungen gearbeitet, glaubst du, es gibt **feste** Säuren oder **gasförmige** Säuren?
- Wie können sich **verschiedene saure Lösungen unterscheiden**? (eventuell Bsp. pH = 2 und pH = 6, o.ä.)

A.6 Interviews

Bei der Transkription der Interviews wurden folgende Kodierungen verwendet:

Zeichen (Kodierung)	Bedeutung
...	Pause
//: _ ://	Wortwiederholung
-	Langgezogener Wortteil
/	Abgebrochener Wort- oder Satzteil
GROß geschriebene Wörter	Betont
//	Unterbrechung eines Satzes
???	Unverständlich auf der Tonbandaufnahme

Interview 4

A: Okay ... Also ich stell mich nochmal vor ich bin eben die Anna und ich studier auf der Universität Wien, eben auf Lehramt unter anderem Chemie und ich schreibe eben bei der B. meine Diplomarbeit u-und ja, ich wollte noch sagen alles was du jetzt da sagst wird jetzt nicht irgendwie weitergegeben oder so also du musst mir jetzt deinen Namen fürs Tonband nicht nennen dass// #00:00:35-2#

S: Okay #00:00:34-3#

A: //ist alles anonym und dient halt eben nur der ... Forschung. Ja. Wärs du bereit das du das Interview mit mir machst? #00:00:40-0#

S: Ja #00:00:40-5#

A: Super, Danke. Ähm ... darf ich dich noch fragen wie alt du bist? #00:00:43-5#

S: 15 #00:00:44 #

A: 15, gut. Ä-Ähm.... ich stell mich jetzt einmal ganz dumm. Kannst du mir sagen, was ihr am Montag gemacht habts? #00:00:53-1#

S: Ä-Ähm, wir haben über die Säuren und Basen gelernt #00:00:57-8#

A: Mhm. #00:00:58-0#

S: Ähm....über die Indikator wie man das ähm Gemisch jetzt sauer oder basisch ist. #00:01:03-2#

A: Ja. #00:01:03-6#

S: Und Experimente gemacht. #00:01:05-3#

A: Okay. Ä-Äh... du hast jetzt da schon 2 sehr gute Begriffe gesagt und zwar Säuren... und das Gegenteil ist? #00:01:12-2#

S: Basen. #00:01:12-9#

A: Basen, genau. Und hast du vorher schon einmal etwas darüber gehört? #00:01:18-4#

S: Nein gar nichts. #00:01:19-1#

A: Gar nichts, okay. Und was ist jetzt deiner Meinung nach der Unterschied zwischen so einer Säure und einer Base? #00:01:26-5#

S: Ähm... die Säuren ... sind sauer, also so ??? höher. #00:01:32-0#

A: Mhm. #00:01:32-5#

S: Und Basen, weiß ich nicht wirklich. #00:01:35-8#

A: Was meinst du mit sauer? Sie... #00:01:39-5#

S: Ähm #00:01:39-9#

A: Was meinst du mit sauer? #00:01:41-9#

S: Ja auf der Tafel stand halt, dass es ä-ähm... von 0 bis 7 sauer ist. #00:01:46-6#

A: Mhm. #00:01:47-7#

S: Und von ab 7 bis 14 basisch. Mehr hab ich auch nicht verstanden. #00:01:51-2#

A: Okay, was basisch ist? #00:01:53-2#

S: Ja #00:01:55-1#

A: Gehört dann zu den Basen also. Und diesen 0 bis 7 oder 7 bis 14, wie nennt man das? #00:01:59-9#

S: Ähm diese Skala. Ah pH-Wert. #00:02:03-2#

A: PH-Wert Skala, okay ja. Sehr gut. Ähm du hast auch schon vorher gesagt ihr habt mit Indikatoren gearbeitet. Und wie kann man den jetzt verwenden so einen Indikator? #00:02:13-2#

S: Ähm um Farbstoffe zu verändern. #00:02:16-9#

A: Farbstoffe zu verändern? Und was hat der euch bei den Experimenten gebracht? #00:02:22-3#

S: Ähm man hat halt unterscheiden können was basisch und was //:ähm:// sauer ist. #00:02:26-8#

A: Wie hat man das gesehen? #00:02:31-0#

S: Ähm halt die Farben haben sich verändert. #00:02:31-7#

A: Mhm #00:02:33-3#

S: Bei der Salzsäure und ahm, beim Natro-on. Bei der Natronlauge. Aber meistens hats sich bei der Salzsäure verändert. #00:02:43-8#

A: Okay. Und warum glaubst du ändert sich die Farbe? #00:02:49-6#

S: Ich weiß auch nicht. Vielleicht liegt das an den Stoffen und diese Verbindungen. Aber...
#00:02:55-0#

A: Mhm. #00:02:55-3#

[Pause] #00:02:59-9#

Und ihr habts ja da verschiedene von diesen Indikatoren gehabt. Wenn du dich erinnern kannst, ihr habts einen Lackmus gehabt. #00:03:06-3#

S: Mhm. #00:03:07-0#

A: Und einen... #00:03:07-6#

S: Universalindikator. #00:03:08-6#

A: Genau. Sehr gut. Ähm... was ist denn da jetzt der Unterschied zwischen den beiden?
#00:03:13-7#

S: Ä-Ähm... also beim Universalindikator hat man halt weniger Farben gesehen. Also es hat sich weniger verändert. #00:03:22-6#

A: Mhm. #00:03:23-4#

S: Aber sonst hab ich nichts bemerkt. #00:03:26-1#

A: Okay. #00:03:28-2# #00:03:28-6#

S: Der Lackmus war blau und der Universalindikator so orange-rötlich. #00:03:32-7#

A: Okay. Ähm... und welcher glaubst du ist jetzt genauer? Also welcher zeigt dir genauer an ob etwas jetzt basisch ist oder neutral? #00:03:45-3#

S: Der Universalindikator. #00:03:46-5#

A: Der Universalindikator. Und warum? #00:03:49-8#

S: Ähm, weil man das halt für alle Zwecke benutzen kann, weil das ähm... universal ist.
#00:03:56-3#

A: (lacht) Okay. Ihr habts ja dann auch noch, ähm verschiedene Farbstoffe, oder jeweils ein bis zwei je nachdem untersucht ob sie ein Indikator, ob man sie als Indikator verwenden kann. Was muss denn jetzt so ein Farbstoff können, damit man ihn einsetzen kann als Indikator?
#00:04:18-1#

S: Ähm... Er muss sich verändern können. Also...ich bin mir nicht sicher wie das funktioniert hat, aber halt bei der Salzsäure hat es sich verändert und beim ähm...bei der Natronlauge ist es meistens gleichgeblieben. #00:04:35-4#

A: Mhm. #00:04:36-4#

S: Aber ich bin mir nicht sicher wo der Unterschied ist. Also zwischen dem Lackmus oder dem Universalindikator. #00:04:43-8#

A: Okay. Aber allgemein ein Indikator sollte, dass er geeignet ist sozusagen...ähm....die Farbe verändern müssen hast du gesagt. #00:04:56-1#

S: Mhm. Ja. #00:04:56-5#

A: Okay. Ihr habts ja auch mit sauren Lösungen gearbeitet. Also es waren Flüssigkeiten vom Aggregatzustand her. Glaubst du gibt es auch feste oder gasförmige Säuren? #00:05:08-3#

S: Ich glaub schon, aber ich kenn keine. Also ich glaub schon, dass das geht, aber keine Ahnung halt. Ich kenn sowas nicht. #00:05:18-2#

A: Mhm. #00:05:18-7#

[Pause] #00:05:22-2#

Gut u-und ... nochmal zu der pH-Wert Skala. Wir haben ja da, ähm du hast ja gesagt von 0 bis sieben, also alles kleiner als 7 sind ja Säuren. #00:05:32-1#

S: Mhm. #00:05:32-9#

A: Und wie können sich jetzt verschiedene saure Lösungen voneinander unterscheiden? Also angenommen ich hab eine mit einen pH- Wert von 2 und eine mit einem pH-Wert von 6. Das ist ja beides kleiner als sieben. Was sagt das jetzt aus? #00:05:46-9#

S: Ähm ich weiß nicht, also wir haben also verdünnte und ähm halt normale Salzsäure genommen. #00:05:56-9#

A: Mhm. #00:05:57-9#

S: Und bei er verdünnten ist es heller gewesen als bei der normalen. #00:06:01-0#

A: Mhm. #00:06:01-8#

S: Das war eigentlich dann der einzige Unterschied. Aber ich weiß nicht genau. #00:06:05-0#

A: Okay. Ä-ähm aber wie glaubst du ist das jetzt, wenn jetzt also jetzt ab ... unabhängig von der Farbe wenn ich etwas hab mit einem pH-Wert 2 und einem pH-Wert 6? Kann ich da irgendetwas darüber sagen. Das sind ja beides Säuren, aber wie kann ich diese beiden Säuren, ähm voneinander ... also miteinander vergleichen? #00:06:26-5#

S: Ich glaub ähm, das mit dem pH-Wert von 2 ist saurer als das mit dem 6. #00:06:31-9#

A: Mhm. Okay, ähm, dann mag ich da noch kurz eingehen auf deine zweite Concept-Map. Also ich finds einmal toll. Du hast wirklich, man sieht du hast vorher nichts gewusst offensichtlich. Also das H_2O , was ist H_2O ? #00:06:49-1#

S: Wasser. #00:06:50-2#

A: Wasser, genau. Das es neutral ist. Das stimmt auch so. Ähm.... und zwar hab ich da eine Frage. Du hast ja dort das 0 und das 14. #00:06:59-1#

S: Mhm. #00:06:59-9#

A: Das sind so die Grenzen von dieser pH-Skala. Und du hast hingeschrieben das beides ätzend ist. #00:07:04-6#

S: Mhm. #00:07:05-2#

A: Glaubst du jetzt, dass nur genau 0 und nur genau 14 ätzend ist? #00:07:09-6#

S: Ähm. #00:07:10-0#

A: Oder...? #00:07:11-2#

S: Nein also ...// #00:07:12-3#

A: Wie würdest du...?// #00:07:13-6#

S: //... im Unterricht haben Sie gesagt 0 bis 3 oder bis 4 ist ätzend. #00:07:18-6#

A: Mhm. #00:07:19-1#

S: //und von 12 bis 14 auch. Aber halt die Grenze. #00:07:22-6#

A: Okay. #00:07:23-1#

S: Das dazwischen das geht noch so. #00:07:24-6#

A: Okay. Versteh schon. U-und das bei 7, was ist das für ein spezieller... du hast da 7 so speziell eingezeichnet, aber warum? #00:07:33-3#

S: Da stand es ist, äh neutral. #00:07:34-8#

A: Mhm. #00:07:34-9#

S: pH 7 #00:07:35-4#

A: Ah ok. Gut. Weil dieses Wort neutral hast du nämlich nicht verwendet seh ich jetzt.

#00:07:40-5#

S: Mhm. Habs vergessen. #00:07:41-0#

A: Gut, ähm und bei diesen H^+ und bei den OH^- -Ionen wie ist das haben Säuren ... da hast du H^+ hingeschrieben ... haben die auch OH^- -Ionen, oder nicht? #00:07:53-6#

S: Ähm. Ich glaub nicht. #00:07:56-5#

A: Und die Basen, haben die H^+ ? #00:07:59-8#

S: Mm (verneinend) #00:08:00-9#

A: Okay. Ähm ... dann ... noch eine Frage da, du hast ja da gesagt, du hast geschrieben ähm die Natronlauge mit dem Lackmus vermischt, die ergibt die Farbe lila. #00:08:13-7#

S: Mhm. #00:08:13-9#

A: Ähm.... glaubst du das die mit jedem Indikator lila ist? #00:08:19-0#

S: Ä-Ähm...// #00:08:20-0#

A: Oder, dass// #00:08:20-7#

S: Ich glaub schon. #00:08:21-4#

A: //oder das jede Base lila ist? #00:08:22-7#

S: Ähm, nein, also es ist auch rosa und rot geworden. #00:08:28-4#

A: Mhm. #00:08:29-0#

S: Ähm vermischt mit dem Universalindikator. #00:08:31-8#

A: Mhm. #00:08:32-7#

S: und beim Lackmus ist es lila geworden. #00:08:34-6#

A: Okay. Also wovon hängt das ab, die Farbe? #00:08:38-5#

S: Ähm, ich glaub von dem Verhältnis also wie viel man von beiden rein gibt. #00:08:46-0#

A: Okay. Gut. Und dann haben wir da auch noch gehabt ä-äh als Begriff dieses Phenolphthalein, das hast du nicht zuordnen können. #00:08:52-7#

S: Mm (verneinend). #00:08:53-3#

A: Hast du vielleicht eine Idee, was das sein könnte? #00:08:55-4#

S: Mm (verneinend) überhaupt nicht. Also im Unterricht, entweder wurde es nicht gesagt oder ich hab nicht zugehört. #00:08:59-6#

A: Mhm. #00:09:00-4#

S: Aber ich weiß nicht was das bedeutet. #00:09:02-6#

A: Okay. Ja ich glaub das ist vorgekommen bei den ... Farbstoffen dies ihr testen solltet ... ob sie ein Indikator sind, also ob sie geeignet sind als Indikator oder nicht aber da hat a nicht jeder von euch dieselben getestet. Also// #00:09:16-2#

S: //Aso// #00:09:17-0#

A: //vielleicht habt ihr den nicht gehabt, aber das ist auch ein Indikator. #00:09:19-4#

S: Okay. #00:09:19-9#

A: Gut, dann ähm.. letzte Frage. Auch das Wort ... ähm du hast ja jetzt schon gesagt 7 ist neutral.... was könntest du dir jetzt vorstellen, was könnte Neutralisation bedeuten? Kannst du

dir da jetzt irgendetwas drunter vorstellen? #00:09:35-8#

S: Ähm ... Also wenn man jetzt ähm ... eine Säure// #00:09:41-7#

A: Mhm. #00:09:42-3#

S: //mit Wasser mischt, könnte es das vielleicht neutralisieren, oder... verdünnen. #00:09:48-4#

A: Mhm. Und ... #00:09:49-6# #00:09:49-9#

S: Damit es nicht mehr so sauer ist. #00:09:51-4#

A: Mhm. Und bei Basen? #00:09:50-2#

S: Bei Basen auch. #00:09:51-9#

A: Okay. Du hast ja da auch darübergeschrieben, ähm die H^+ von der Säure und die OH^- von der Base ergeben H_2O #00:10:00-0#

S: Mhm. #00:10:07-3#

A: Und H_2O ist ... hast du ja auf den ersten Zettel schon geschrieben ist neutral. #00:10:09-08#

S: Ja. #00:10:12-0#

A: Das heißt, was hast du hier eigentlich miteinander gemischt? #00:10:15-4#

S: Ähm Säuren und Basen. Wenn man die mischt neutralisiert sich das. #00:10:20-2#

A: Genau und das. #00:10:22-7#

S: Ähm. #00:10:24-4#

A: Nennt man Neutralisation. #00:10:25-9#

S: Aso. #00:10:27-6#

A: Aber du warst auf einen sehr guten Weg dorthin. #00:10:34-2#

S: Okay. #00:10:34-9#

A: Okay. Gut dann danke für das Interview. #00:10:38-4#

Interview J

A: A-Also gut ... ä-ähm ich stell mich einfach noch einmal vor ja-a al// #00:00:15-7#

S: Okay. #00:00:16-9#

A: //so ich bin eben die Anna und ich mach das für meine Diplomarbeit aber ... ich glaub mittlerweile hast du das eh mitgekriegt da// #00:00:22-4#

S: Ja. #00:00:22-9#

A: //s die D. und ich da sind um gemeinsam mit der Frau K. da eben ein bisschen zu forschen bei euch ... u-und ja-a es ist prinzipiell so-o ... ich mein ich weiß jetzt deinen Namen noch nicht ä-ähm deshalb den Buchstaben// #00:00:36-6#

S: Mhm. #00:00:36-7#

A: //das heißt es bleibt auch gegenüber deinen Lehrern// #00:00:39-8#

S: Okay. #00:00:40-1#

A: //und so alles schön anonym ... u-und dient halt eben bei der Forschung von mir ... u-und ja wärst du bereit dazu dass du da-as Interview machst mit mir? #00:00:49-7#

S: Ja gerne. #00:00:49-7#

A: Ist das// #00:00:50-0#

S: GERNE. #00:00:50-5#

A: //okay? Sehr gut super danke ä-ähm .. darf ich dich nur fragen wi-ie alt du bist? #00:00:57-7#

S: Ich bin sechszehn. #00:00:58-0#

A: Sechszehn #00:00:59-2#

S: Ja. #00:00:59-5#

A: Passt .. gu-ut dann werd ich mich am Anfang jetzt einfach einmal ein bisschen dumm stellen// #00:01:02-9#

S: Ohje. #00:01:04-2#

(beide lachen)

A: //und du erzählst mir vielleicht einfach ein bisschen was .. was du so gestern gemacht hast. #00:01:08-3#

S: Okay also gestern war das Thema Säuren und Ba-asen. #00:01:11-4#

A: Mhm. #00:01:12-2#

S: Da hab ich auch schon ein bisschen Vorwissen gehabt weil ich glaub wir haben in der vierten Klasse da im Gymnasium Chemieunterricht gehabt. #00:01:16-4#

A: Okay. #00:01:17-4#

S: Ä-ähm und hab mich deswegen ein bissl schon ausgekannt u-und Indikatoren und so haben wir auch schon gearbeitet gehabt ... a-aber das Wissen war halt schon sehr verschwommen.

#00:01:29-5#

(beide lachen)

S: wi//(lacht) haben und es war eher so eine Raterei beim ersten Concept-Mapping. #00:01:33-3#

A: Mhm. #00:01:34-3#

S: U-und dann mit den Versuchen die habe-en relativ verständlich also noch einfacher angefangen u-und da ist man dann gut wieder in das Thema hineingekommen und hat das wieder auffrischen können ... u-und auch durch die Erklärungen zwischendurch und alles und am Schluss dann nochmal die Concept-Map also das (lacht) war um einiges besser ... u-und ja. #00:01:54-3#

A: Ja-a das ä-ähm (lacht) ... seh ich auch so aber es war auch deine erste gar nicht so schlecht (beide lachen) ä-ähm ich hab nur ein paar Fragen eben zu diesen Concept// #00:02:04-5#

S: Mhm. #00:02:05-9#

A: //maps also du hast jetzt eh schon immer wieder Säuren und Basen gesagt aber was ist jetzt eigentlich S-Säuren und Basen ist das dasselbe oder? #00:02:15-4#

S: Mhm ich würd sagen// #00:02:17-6#

A: Mhm. #00:02:21-7#

S: //das beide eher Flüssigkeiten sind eher Lösungen ... u-und ... das sind beide sehr ... extreme Zustände also es gibt leichtere Säuren und es gibt stärkere Säuren// #00:02:31-7#

A: Mhm. #00:02:31-9#

S: //aber ... das hängt ja mit dem pH-Wert zusammen// #00:02:34-9#

A: Ja. #00:02:35-6#

S: //u-und der neutrale pH-Wert ist ja sieben. #00:02:38-2#

A: Genau ja. #00:02:39-4#

S: U-und wenns dann über sieben i-ist ... also die ganze Skala geht zirka von Null bis Vierzehn ... u-und Sieben ist genau in der Mitte u-und wenns dann zum Beispiel .. wirklich Null ist, dann ist es sehr sauer ... wenns vierzehn //:ist:// es sehr basisch. #00:02:55-.6#

A: Mhm ... okay das heißt ä-ähm wenn ich jetzt ... also ... eine Lösung hab vom pH zwei-i und eine Lösung von ... pH-Wert sechs// #00:03:08-0#

S: Mhm. #00:03:08-9#

A: // ist ja beides sauer a// #00:03:11-3#

S: Ja. #00:03:11-2#

A: //ber was kann ich da jetzt darüber sagen dass die eine zwei und die andere sechs hat? #00:03:16-2#

S: Die Lösung mit pH-Wert zwei ist dann gan/ also säu/ sau-saure-er also die mit pH-Wert sechs weil sechs ist halt sehr nahe an sieben u-und die wären sehr leicht// #00:03:24-6#

A: Mhm. #00:03:25-8#

S: //sau-sauer Säure halt. #00:03:28-2#

A: (lacht) Okay und du hast gemeint ä-ähm Säuren und Basen hast du ja gesagt sind Flüssigkeiten al// #00:03:33-1#

S: Mhm. #00:03:33-7#

A: //so glaubst du es sind immer Flüssigkeiten oder gi// #00:03:35-4#

S: Nei-in. #00:03:36-6#

A: //bts auch gasförmige fe-este? #00:03:38-8#

S: Ich denke mir gasförmig könnte ich mir leichter vorstellen wie zum Beispiel in dem Versuch gestern relativ spät noch mit de-em ... A-a-amoniak (lacht) da war ja der Versuch mit de-em ... getränkten-n ... mit ... mit ... Phenolphthalein getränkten Indikatorstreifen den man in dieses Gefäß nur gehalten hat nicht in die Flüssigkeit sondern eben nur in den Raum ... wo-o sich dann auch schon das Gas gebildet hat und da hat sich de-er Indikator schon eingefärbt ... also ... ich denke es kann auch in die Luft wandern als Ga-as. #00:04:18-1#

A: Mhm. #00:04:19-0#

S: Fest ...fest mhm ... wäre eine gute Frage könnte man ausprobieren ob das Gefrieren geht oder irgendwie so ... ja. #00:04:29-3#

(beide lachen)

A: Mhm. #00:04:30-5#

S: Weiß ich jetzt nicht. #00:04:30-0#

A: Mhm ... okay aber was glaubst du eher eher ja oder eher nein? #00:04:34-6#

S: (seufzt) ... mhm ... ich würde jetzt ja sagen ... jetzt muss ich es auch begründen oder? #00:04:46-3#

(beide lachen)

Ich weiß nicht weil Alkohol zum Beispiel geht ja nicht gefriere-en ... aber ich kann mir jetzt nicht vorstellen dass so eine Flüssigkeit wie-e zum Beispiel Rotkrautsaft .. aso das ist jetzt ein Indikator kein ... was war den das gestern dieses U-Universa-alindikator ich kann mir nicht vorstellen dass der nicht gefrieren geht also bei ganz niedrigen Temperaturen dass er sich da weigert zu gefrieren das kann ich mir nicht vorstellen. #00:05:15-2#

A: Mhm ... ja-a ... fin/ find ich interessant eine Vorstellungen ja ... find ich super wie du da denkst ... ä-ähm jetzt hast du schon mehrmals über das Wort I-Indikator gesprochen// #00:05:25-5#

S: Ja-a. (lacht) #00:05:26-2#

A: //das kannst du sicher erklären was das ist oder? #00:05:27-9#

S: Kanns versuchen. #00:05:28-5#

A: Mhm. #00:05:29-5#

S: Also ein Indikator ist damit kann man feststellen ob eine Lösung basisch oder säurehaltig ist ... oder es gibt auch nur Basenindikatoren wie gestern-n ... das ...farblose das Phenolphthalein ist glaub ich nur für Basen ... u-und ...wie macht man da-as? ... also zum Beispiel wenn man wie gestern in dem Versuch wenn man i-in diese Vertiefungen zwei Tropfen von dem Indikator reintu-ut und dann tut man auf dem einen zum Beispiel eine Säure drauf und auf dem einen eine Base dann färben die sich anders ein ... u-und wenn man weiß bei welche-er ... Verfärbung ... welche Säure oder Base oder ... Wasser das ist neutral vorliegt dann kann man sagen ja das ist eine Säure. #00:06:23-6#

A: Mhm... a-also ... die Farbe-en ... bei dem Experiment quasi-i ... ä-ähm zeigen dir an ... was es ist. #00:06:36-1#

S: Ja. #00:06:36-8#

A: Sauer oder basisch. #00:06:37-9#

S: Genau. #00:06:38-3#

A: Zeigt es auch neu-neutral an? oder wird das nicht an// #00:06:41-1#

S: Ja das// #00:06:42-3#

A: //gezeigt. #00:06:41-6#

S: // kommt auf den Indikator an also eben es gibt Indikatoren da bleibt es zum Beispiel sowohl beim Wasser als auch bei der Säure farblos und nur bei der Base wird es sofort grellpink.
#00:06:52-4#

A: Mhm. #00:06:52-8#

S: U-und es gibt aber auch Indikatoren glaub ich ... da-a tut man Wasser dazu und es färbt sich grün ein dann tut man Säure dazu es färbt sich ... weiß nicht mehr genau ... zum Beispiel blau ein und bei der Base färbt es sich dann rot also das ist ein ganz breites Farb// #00:07:07-8#

A: Ja. #00:07:08-3#

S: //spektrum manche. #00:07:08-8#

A: Okay ... du hast mir jetzt schon das Phenolphthalein genannt// #00:07:12-2#

S: Mhm. #00:07:13-4#

A: //u-und ihr habt ja auch mit Lackmus und Universalindikator ge// #00:07:17-0#

S: Ja. #00:07:17-0#

A: //arbeitet ä-ähm ... nehmen wir jetzt einmal nur die zwei her und lassen wir das Phenolphthalein// #00:07:22-3#

S: Mhm. #00:07:23-5#

A: //da so ein bissl auf der Seite ... da-ann was ist denn da-a jetzt eigentlich der Unterschied zwischen Lackmus und Universalindikator? #00:07:34-0#

S: Also der Universalindikator das war diese ga-anz grellorange fast schon u-und das Lackmus ... war dieser dunkelblaue eher ... u-und das war so glaube ich bei dem Lackmus hat es sich nur

eher gering verfärbt also da wa-ar ... neutra-al ... ist ziemlich dunkelblau geblieben bei den Basen ... ist es eher lilafarben geworden ... u-und bei der Säure hat es sich dann scho-on deutlicher verfärbt aber beim Universalindikator zum Beispiel hat es sich überall total deutlich verfärbt ... deshalb also wenn ich die Wahl hätte (lacht) wenn ich irgendetwas überprüfen muss dann würde ich den Universalindikator nehmen. #00:08:11-6#

A: Also weil er ... einfach viel ... genauer ist? #00:08:14-9#

S: Ja zuverlässig also zuverlässig ist der andere auch ab// #00:08:19-3#

A: Mhm. #00:08:19-0#

S://er auf jeden Fall genauer zu bestimmen. #00:08:20-5#

A: U-und ähm ... ja also du kennst ja jetzt schon einige verschiedene Indikatoren aber ... wenn ich jetzt einen Farbstoff habe ... was glaubst du muss der können dass ich ihn als Indikator verwenden kann? #00:08:32-1#

S: (Seufzt) Man muss ...was muss er können ... er muss seine Farbe ändern können ... be-ei ... Bedarf (lacht) also wenn er zum Beispiel wenn ein Farbstoff die ga/ bei bei Säure Base und Wasser gleich bleibt ... dann ist er nicht als Indikator geeignet der muss sich schon irgendwo verändern können. #00:08:54-9#

A: Mhm. #00:08:55-9#

[Pause] #00:09:01-5#

S: Nach meinem Wissen. #00:09:02-2#

(beide lachen)

A: Okay ä-ähm ... und warum glaubst du ändert sich die Fa-arbe überhaupt also beziehungsweise kommt jetzt die Farbe aus dem Indikator oder kommt die aus de/ von der ... Sau-u/ Säu/ ach Säure (beide lachen) oder von der basischen Lösung oder ... von wo ko-ommt

jetzt diese ... Farbe die man sieht? #00:09:27-6#

S: Also ich könnte mir vorstellen da-as Indikator und die Lösu/ die gegebene Lösung irgendwie vielleicht miteinander reagieren. #00:09:34-4#

A: Mhm. #00:09:36-2#

S: Oder dass sich die eine Lösung der anderen anpasst also ... wenn jetzt zum Beispi-iel die Säure orange ist und der Indikator ... blau ... könnte es sein dass sich alles orange färbt dann ... also der ordnet sich dann ... dem orangenen unter ... so könnte ich mir vorstellen. #00:09:55-4#

A: Mhm ... gut da-ann schauen wir uns da mal deine Concept-Maps an ... also ich hab da nur noch ganz wenig Fragen also// #00:10:05-9#

S: Mhm. #00:10:06-1#

A: //es ist echt nicht so viel ... und zwar du hast mir jetzt ja vorher gesagt es gibt Sä-äuren und Basen #00:10:11-4#

S: Ja. #00:10:12-1#

A: Jetzt hab ich eine Frage was ist ä-ähm ... eine La-auge ist das wirklich wei-il da warst du dir selber glaub ich nicht so ganz sicher// #00:10:18-8#

S: Ja-a #00:10:19-0#

A:// ist da wirklich dasselbe wie eine Base oder #00:10:21-3#

S: Nein das hab ich ... da hab ich auch überle-egt ich weiß dass es// #00:10:24-2#

A: Ja das hast bei beiden geschrieben näm// #00:10:26-5#

S: Ja-a (lacht) #00:10:26-7#

A://lich #00:10:27-4#

S: Ich weiß dass der Begriff Lauge auf jeden Fall in das Kapitel Säuren und Basen fällt.
#00:10:33-1#

A: Mhm. #00:10:33-9#

S: U-und ... ich weiß nicht ... das wollt ich gestern auch noch irgendwann fragen hab ich dann
aber vergessen ... vielleicht ist ... das nicht genau das gleiche also kein Synonym für Basen//
#00:10:44-9#

A: Mhm #00:10:44-9#

S://sondern eine Unterart ... mehr #00:10:47-7#

(Pause) #00:10:52-3#

A: Gut ... u-und dann hast du da noch zwei-i ... ä-ähm zweimal hingeschrieben chemische
Formel al// #00:10:58-8#

S: Mhm. #00:10:59-4#

A://so für Säuren chemische Formel HCl und für Basen NaOH ... heißt das jetzt dass ... d/
...BASEN also die haben alle die Formel NaOH oder wie// #00:11:08-8#

S: Nein. #00:11:09-0#

A://ist das gemeint bei dir? #00:11:09-7#

S: Mhm-m NEIN weil NaOH ist nur ... eine bestimmte Base würde ich jetzt sagen au//
#00:11:16-4#

A: Mhm. #00:11:16-5#

S://ch bei HCl da gibts noch mehrere ... aber das ist zum Bei/ ein Beispiel für eine Säure und ein Beispiel für eine Base #00:11:22-8#

A: Mhm #00:11:22-5#

S: Und davon eben die chemische Formel dann das hab ich vergessen zum hinschreiben. #00:11:27-1#

A: Okay ... gut es sind ja auch beides di-ie also beides eine Säure und eine Base mit ders ihr gestern gearbeitet habts// #00:11:33-5#

S: Ja #00:11:33-6#

A://na sehr gut ä-ähm ... dann ... hab ich da noch genau-u eine Frage und zwa-ar ... hast du mir da hingeschrieben ... also di-ie Säuren sind ätzend ... u-und ... hier hast du auch hingeschrieben Säuren sind ätzend. #00:11:53-9#

S: Mhm #00:11:54-2#

A: Wie ist das eigentlich ... können Basen auch ä-ätzend sein ... sind alle Säuren ä-ätzend oder ... wovon hängt das ab? #00:12:02-9#

S: Basen können auch ätzend sei-in// #00:12:04-6#

A: Mhm #00:12:05-5#

S: /die sind genauso gefährlich ... unter Anführungszeichen ... unter Umständen ... u-und es gibt aber auch Säure-en ... ich mein natürlich sollt man sich immer dann abwaschen wenn man was auf die Haut kriegt ... aber es ist ein Unterschied ob man jetzt eine Säure mit ... pH-Wert ... mhm-m EINS oder pH-Wert sechs ... abbekommt wü// #00:12:25-1#

A: Mhm. #00:12:25-2#

S://rd ich sagen..also das// #00:12:26-6#

A: Also welches ... glaubst du ist ätzender? #00:12:30-2#

S: Das gegen Null immer also vorher wäre eins halt irgendwie ätzend also gefährlich #00:12:34-3#

A: Mhm ... okay ... also gegen Nu-ull bei den Säuren und bei den Basen hab ich da auch s// #00:12:38-6#

S: Gegen vierzehn #00:12:39-9#

A: Gegen vierzehn #00:12:40-1#

S: Ja. #00:12:40-2#

A: Mhm super ... gut dann letzte Frage ä-ähm Neutralisatio-on ich glaub das hast du jetzt noch gar nicht genannt da// #00:12:48-1#

S: Ja. (lacht) #00:12:49-0#

A:// hast bei beiden also einmal hast du hingeschrieben der Indikato-or bewirkt eine Neutralisation oder ist das in die andere Richtung gemeint? #00:12:54-7#

S: Nein das war eh Indikator (lacht) #00:12:57-3#

A: Bewirkt eine Neutralisation und bei dem Anderen hast du gemeint ... ä-ähm H-Zwei-O also was ist H-Zwei-O für ein Stoff? #00:13:03-1#

S:H-Zwei-O ist das Wasser #00:13:04-8#

A: Ähm Wasser // #00:13:04-6#

S: Mhm. #00:13:05-8#

A://genau ... ä-ähm Wasser bewirkt also Neutralisation? #00:13:07-9#

S: Ja #00:13:08-4#

A: Also was ist jetzt wirklich eine Neutralisation ... da-as ... oder das-s? #00:13:11-0#

S: Also bei dem ersten Conceptmap war das eindeutig ein Versuch der Verzweiflung
#00:13:17-8#

(beide lachen)

S: Einfach irgendwie Zusammenhänge herzustellen #00:13:18-8#

A: Okay das-s-s sagen wir mal stimmt einmal nicht #00:13:20-9#

S: Ja. #00:13:22-3#

A: Okay bist du dir sicher JA. #00:13:23-2#

S: Gut also Indikator Indikatoren bewirken keine Neutralisa// #00:13:27-5#

A: Mhm #00:13:27-8#

S://tion ... sondern eher Wasser ... also schon ... wenn man zum Beispiel eine-e sehr ... saure
Säure als// #00:13:35-0#

A: Mhm. #00:13:35-8#

S://so eine sehr aggressive Säure hat und man tut wirklich viel Wasser dazu-u// #00:13:39-4#

A: Mhm #00:13:39-5#

S://dann wird das immer weniger saurer// #00:13:41-6#

A: Mhm. #00:13:42-2#

S://bis es vielleicht einmal bei einem pH-Wert sieben ist also neutra-al ... aber es kann dann nie ... basisch werden #00:13:48-2#

A: Mhm #00:13:48-8#

S: Also nie in die andere Richtung gehen #00:13:50-6#

A: Mhm #00:13:50-9#

S: U-und so-o kann man halt ... ä-ähm Säuren und Basen sozusagen verdünnen #00:13:55-5#

A: Mhm #00:13:56-3#

S: U-und die werden dann immer ein bisschen neutraler ein bisschen schwächer #00:13:59-4#

A: Okay ... aber werden sie einmal ganz neutral auch sein? #00:14:02-8#

S: Mhm-m #00:14:05-0#

A: Ist das jetzt meinst du zi// #00:14:06-8#

S: Ich denke nicht #00:14:06-9#

A://rka neutral oder ... geht dass das ich das wirklich ... neutral mache? #00:14:11-7#

S: Ich denke mir ... weil wir machen gerade zum Beispiel in Mathe so Annäherungen an Zahlen aber Zahlen werden dann nie wirklich ... also sie nähern sich dann an// #00:14:18-7#

A: Mhm #00:14:18-6#

S://aber sie werden nie wirklich die Zahl und ich denke mir ... we-enn in einer Lösung ein bisschen Säure drinnen ist das wird nicht einfach verschwinden ... das heißt es wird nie ga-anz ... pH-Wert ... Sieben sein sondern vielleicht ja nahe dran ab// #00:14:32-7#

A: Mhm. #00:14:33-2#

S://er nie wirklich auf den Punkt genau #00:14:34-3#

A: Okay ... ä-ähm ... ich ... ich behaupte jetzt am Schluss einfach einmal was #00:14:42-9#

S: Mhm. #00:14:43-9#

A: Ich behaupte ... du kannst genau den pH-Wert sieben einstellen #00:14:48-0#

S: Ob ich das kann? #00:14:50-0#

A: Nein ... generell ich behaupte MAN kann das also eigentlich jeder von uns mit ein bisschen einer Übung kann er genau den pH-Wert sieben einstellen ... doch was muss ich da-a angenommen ich hab jetzt eine Säure ... was muss ich da zu der Säure wirklich dazugeben ... ist das ganz viel Wasser oder brauch ich da vielleicht noch einen anderen Stoff? #00:15:05-8#

S: Ich würd mal ... ganz viel Wasser ... u-und dann muss man sich spielen ... se-ehr wenig Base noch dazu se-ehr verdünnt ... weil dieser Grad wirklich sehr gering ist ... wirklich haargenau auf sieben zu kommen. #00:15:19-5#

A: Okay ... wenn ich jetzt sage ich will gar kein Wasser ... würde das auch gehen? #00:15:24-0#

S: Dann muss man sich mit der Base spielen. Als// #00:15:26-5#

A: Sehr gut. #00:15:27-3#

S://so di-ie ... das sind ja sozusagen Gegenspieler sag ich jetzt// #00:15:30-1#

A: Mhm #00:15:30-1#

S://Säuren und Basen ... u-und je mehr Base man da zu der Säure dazugibt ... desto ... basisch/ also ... desto basischer wird es also wenn da-a Null und da Vierzehn ist// #00:15:40-6#

A: Mhm. #00:15:40-9#

S://dann gehts dann immer mehr Richtung vierzehn und auf dem Weg liegt halt auch zufällig (lacht) Null also der Neutral/ die Neutralisation ASO ne Sieben meine ich. #00:15:48-5#

A: Sieben? #00:15:48-7#

S: Sieben genau ja. #00:15:50-3#

(beide lachen)

A: Kein Problem ... mhm ... also es geht nur mit Säuren und Basen auch meinst du we// #00:15:55-2#

S: Mhm #00:15:55-3#

A://nn man das Wasser aus dem Spiel lässt... GUT dann vielen Dank gell dass du mir das beantwortet hast ich// #00:16:01-1#

S: Gerne #00:16:01-4#

A://hoffe es war nicht allzu schlimm// #00:16:02-8#

(beide lachen)

S: Nein #00:16:03-0#

A://für dich. #00:16:04-9#

Interview L

A: Ok, also ich glaub, ähm, vorgestellt habe ich mich eh schon öfter bei euch. Ähm. #00:00:07#

S: Ja. #00:00:08#

A: Ähm ... Also wie gesagt, dass was ich da mache, dient halt eben zur Forschung. Für mich quasi, für meine Diplomarbeit. U-und ... es ist prinzipiell so, auch mit diesen Buchstaben wollt ich euch ... einfach ... eure Namen anonym halten, also dass ich sie auch nicht an irgendwelche Lehrer oder so weitergeben kann, was ich sowieso nicht vorgehabt hätte. Und ja-a ... wärst du bereits das Interview// #00:00:30#

S: Ja, ja. #00:00:31#

A: //mit mir zu führen? #00:00:32#

S: Ja, sicher. #00:00:33#

A: Passt. Dann darf ich dich nur noch, äh nach deinem Alter fragen? #00:00:37#

S: Ähm sechszehn. #00:00:07#

A: Sechzehn, ok. Gut. Ähm... ich stell mich mal a bissl dumm. Und vielleicht kannst mir du einfach sagen, was dir einfällt was ihr gestern gemacht habt alles. #00:00:48#

S: Ä-ähm...gestern haben wir halt über Säuren und Basen war das Überthema. Und wir haben halt ganz am Anfang...also naja... Mindmap gehabt was wir über Säuren und Basen wissen. U-und in der Schule haben wir schon durchgemacht, aber recht wenig und wir haben halt dann halt Experimente mehrere gemacht. Mit Indikatoren. Da, somit kann man feststellen was eine Base und was eine Säure ist, ob es neutral ist. U-und... wir haben auch gelernt wie man mit Indikatoren umgeht, wie man das machen kann und dass es da verschiedene Indikatoren gibt. Und verschiedene ... ä-ähm ... verschiedene Farben, was entstehen. Und dann haben wir nachher noch einmal so eine Mindmap gehabt und da haben wir dann gesehen, was haben wir, was haben wir mehr gewusst. Und wir haben dann aufgeschrieben was wir gelernt haben. #00:01:25#

A: Ok ... ähm ... gut. Also du hast ja schon gesagt mit Indikatoren kann ich feststellen ob etwas eine Säure, eine Base ist oder neutral halt eben. Ä-ähm ... du hast da einmal hingeschrieben da bei der Concept-Map, ähm ... genau bei der zweiten ob es kleiner als 7 ist, oder ob es größer als sieben ist. #00:01:52#

S: Mhm. #00:01:54#

A: Also meinst du kann man das jetzt, kleiner als 7, zum Beispiel 6,8, das wäre ja dann schon// #00:02:03#

S: sauer #00:02:05#

A: Ja genau! #00:02:06#

S: Neutral ist es ja nur wenn es genau sieben...#00:02:08#

A: Genau 7 ist ja. Also 6,8 wäre schon sauer, aber ähm... zum Beispiel wie unterscheidet sich jetzt eine saure Lösung von einem pH-Wert von eben 6,8 gegenüber einem pH-Wert von 2? #00:02:22#

S: Ähm ... es gibt //:stark:// saure Lösung und nicht so starke ... #00:02:27#

A: Aha #00:02:28#

S: ... saure Lösungen. Und das kann man ähm... eben mit verschiedenen, mit besonders guten Indikatoren kann man es feststellen. Und wenn man es nicht feststellen kann, kann man dann auch ähm zum Beispiel auf eine ganz saure Lösung gehen und dann eben mit einer basischen neutralisieren oder eben mit einer basischen Lösung wieder ausgleichen, weniger sauer machen. #00:02:48#

A: Mhm ... Ok, das heißt kann ich jetzt also mit einem Indikator nur herausfinden ob es kleiner als sieben ist oder kann ich auch abschätzen ob es jetzt ganz sauer ist oder nur leicht sauer? #00:03:02#

S: Man kann auch abschätzen ob es ganz sauer ist, oder eben stärker sauer oder leichter sauer. #00:03:06#

A: Mhm. Mit den Basen geht das genauso? #00:03:09#

S: Ähm, ja. #00:03:10#

A: Ok, ä-ähm ... Gut. Jetzt hast du auch schon gesagt, die Indikatoren, die ändern ihre Farbe.
#00:03:17#

S: Mhm. #00:03:20#

A: Warum glaubst du machen sie das? #00:03:22#

S: Naja, durch die Farbstoffe, schätze ich mal. Und wahrscheinlich ähm eignen sich die Indikatoren ja nur zum Feststellen ob etwas das ist und ich glaube Indikatoren sind ja da ... dass sie die Farbe ändern. #00:03:37#

A: Mhm. #00:03:38#

S: Obwohl es ... gestern haben wir auch eben einen Versuch gemacht mit normalen halt, mit blauen Schnaps glaub ich. Das man ... das ... das... vielleicht eine chemische Reaktion. ich weiß nicht. Aber es ist vielleicht etwas...??? #00:03:54#

A: Mhm. Und ... ja ... ähm ... woher glaubst du kommen die Farben jetzt selber. Kommen die von dem Indikator oder kommen die von der Säure oder von der Base? #00:04:12#

S: Ich glaube, dass die vom Indikator kommen. Weil sonst würden sich ja, wenn man zum Beispiel, wenn man zum Beispiel blauen Schnaps nimmt, verfärbt sich ja der und nicht ähm zum Beispiel wenn man jetzt Wasser zugibt, verändert sich ja nicht das Wasser, sondern der blaue Schnaps, oder? ... Ja ich , ich glaube der Indikator verändert sich. Ja. Ich, ich weiß es nicht so genau, ich glaube es zumindest. #00:04:44#

A: (lacht) Ok. Ja Ihr habt vor allem zwei Indikatoren gehabt, also drei eigentlich, aber ich will jetzt auf zwei näher eingehen und zwar auf den Lackmus und auf den Universalindikator, weil die habt die ja so ein bisschen miteinander verglichen.

S: Mhm #00:05:01#

A: Äh, was war da wirklich so der Unterschied den du bemerkt hast und welchen glaubst du, welcher da von den beiden arbeitet genauer? #00:05:09#

S: Ähm...bei dem Lackmus hats halt ähm drei bis zwei Farbtöne gegeben und man hat auch nicht gesehen, ob es neutral war. Das hat man erahnen müssen ähm und bei dem Universalindikator war es halt fünf verschiedene Farbtöne obwohl zwei davon auch so eine Übergangsfarbe waren, ja. Aber dort sieht man auch genau, zum Beispiel wenn es neutral ist, wird es zum Beispiel grün, das hat man viel genauer gesehen als bei dem anderen, bei dem Lackmus. Ä-Ähm ... und bei dem Universal ähm kann man auch viel leichter erkennen ob es eine starke Säure ist oder eine nicht so starke Säure ist kann man auch ... besser feststellen. Also eigentlich ist das ein besserer Indikator, als der Lackmus ... Ja #00:05:52#

A: Und ... das waren ja gestern eigentlich alles Flüssigkeiten. #00:06:00#

S: Mhm. #00:06:02#

A: Glaubst du es gibt auch Säuren bzw. Basen die fest oder gasförmig sein können? #00:06:07#

S: Ähm, da haben wir gestern zum Beispiel eben mit dem Ammoniak gasförmig, ob es feste Säuren gibt, das weiß ich nicht, aber //:ich glaub:// mal nicht. Ich glaube nicht. Aber gasförmig haben wir ja gestern mit dem Ammoniak gesehen. Das verändert ... ja gasförmig ja, fest nein. Ich weiß es nicht. Aber es könnte theoretisch, wenn das fest wäre, dann ... ich weiß nicht ob man Säuren einfrieren kann, aber wenn man sie einfrieren kann, dann könnte man theoretisch fest sein, aber ich weiß es nicht. Ja. #00:06:48#

A: Eher ja, oder eher nein? #00:06:51#

S: Eher ja, weil eigentlich muss ja irgendwann alles gefrieren und somit ja. #00:06:56#

A: Ok. Ähm ... und beim anderen Experiment, da habt ihr generell feststellen müssen, also da habt ihr verschiedene Stoffe eben gehabt und generell festgestellt, wie ich schon gesagt habe, was als Indikator geeignet ist und was nicht. Und wenn du jetzt einen Farbstoff hast und du

willst das herausfinden. Was verlangst du von dem Farbstoff? Also was muss der können, damit du sagst, das ist ein Indikator, oder der ist als Indikator geeignet? #00:07:24#

S: Ähm. Er muss einmal zumindest entweder bei einer Säure oder einer Base die Farbe verändern. Wenn er sich gar nicht verändert, ist er gar nicht geeignet, weil dann merkt man keine Unterschiede. Wenn er nur zum Beispiel bei den Säuren die Farbe ändert, ist er als Säureindikator eigentlich geeignet. Aber man kann halt nicht zwischen Base und neutral unterscheiden. Deswegen ähm, wenn ich die Flüssigkeit bei Säuren und Basen verändere ist es ein sehr guter Indikator eigentlich, wenn man sieht wirklich Unterschiede und wenn man nur herausfinden will ob irgendetwas eine Säure ist und es verändert sich eben nur bei der Säure, dann ist es ein ausreichender Indikator. Ja. #00:08:00#

A: Ok. Gut. Dann würde ich gerne, ä-ähm, am Schluss da noch auf deine beiden Concept-Maps eingehen. Ä-ähm, und zwar ... haben wir da ja auch noch einen dritten Indikator dabei gehabt und zwar dieses ä-ähm Phenolphthalein, wobei ich sehe, dass du das ja beim ersten gar nicht hingeschrieben hast und beim zweiten hast du hingeschrieben, dass das ä-ähm sauer ist. #00:08:28#

S: Ähm ja, weil ... wir haben ja bei diesen verschiedenen, ähm ... Indi/ Indikatoren haben wir ja andere Stoffe gehabt und ich habe, ich habe den Namen zwar gehört und alles auch gemerkt, aber ich habe mir jetzt nicht wirklich gemerkt was war. Also ich habe geschätzt ob es anzeigt ob irgendetwas sauer ist, weil ich nicht wirklich gewusst habe. Also es war so eine// #00:08:51#

A: //Also glaubst du jetzt, das ist sauer oder ist das ein Indikator? #00:08:55#

S: Ich glaube, dass das es ein Indikator für das saure ist. //:ich:// weiß ...#00:09:00#

A: So hast du das gemeint ok. #00:09:02#

S: Ja also ich hab das halt irgendwie gehört, aber wir habens nicht gehabt also habe ich mir halt irgendetwas gedacht dabei. Ja... #00:09:07#

[Pause] #00:09:11#

A: Mhm. Gut, dann haben wir da, ähm beim ersten, bei der ersten Concept-Map, hast du geschrieben Laugen und Salze sind ähm sauer und bei der zweiten hast du Laugen und Salze zu basisch dazugegeben. Was ist jetzt eigentlich so eine Lauge? Und da habe ich mich gefragt ob jetzt so eine Lauge mit diesem Schrägstrich ob das jetzt für dich dasselbe ist, wie ein Salz, oder ... #00:09:42#

S: Da war ich mir ebenfalls nicht ganz sicher. Aber ... Also hätte ich es vorher gemacht hätte ich es zu Säure dazugeschrieben die Lauge. Also es war ... i.ich glaube ich habe es gestern auch falsch hingeschrieben. #00:09:57#

A: Also was ist jetzt eine Lauge? #00:09:59#

S: Es ist sauer, oder? #00:10:02#

A: Okay. #00:10:03#

S: Ähm, mhm, ja. Beim Salz war ich mir nicht ganz sicher. Aber ich habe geglaubt, dass das so ähnlich wie Lauge vielleicht ist weil die Lauge ist es ja nur bei Salzsäure oder so.
#00:10:14#

A: Mhm. #00:10:15#

S: Und eigentlich hätte ich das zu sauer geschrieben, aber//

(A lacht)

S: //ja. #00:10:19#

A: Ok, ähm ... Dann hast du da Salze ist gleich NaOH. Also ist das quasi, gilt das beides Salze, oder wie ist das gemeint mit dem ist gleich? #00:10:32#

S: Ähm. //:Ich:// hab da gestern eigentlich //:so eine:// Art Schlussfolgerung eigentlich. Weil Na steht halt für Natrium und Natriumchlorid ist eigentlich Salz// #00:10:40#

A: Mhm #00:10:41#

S: //und ich habe eigentlich gedacht, Na, dass das vielleicht irgendwas mit Salzen zu tun hat und dass das eben Salz ist. #00:10:45#

A: Ok. Und ... #00:10:47#

S: Und ähm dann haben wir ja den ganzen Tag mit dem Natrium-OH, mit dem OH gearbeitet, dass es sauer ist. Also es ist ja eigentlich eine saure Lösung und eigentlich ist es kein Salz mehr also Salz. #00:11:01#

A: Ok. Ah, und so hast du quasi schlussgefolgert, dass, weil das NaOH sauer ist und du glaubst, dass das NaOH ein Salz ist, dass quasi die Salze sauer sind. #00:11:14#

S: Ja. #00:11:16#

A: Mhm. Verstehe schon was du dir gedacht hast. Ja. Dann hätte ich da noch eine Frage zu den H^+ und den OH^- -Ionen. Also, die hast du ja glaube ich da beim ersten noch gar nicht verwendet. Da haben// #00:11:29#

S: Nein. #00:11:30#

A: //wir auch noch nicht darüber geredet gehabt. Und du hast hingeschrieben da: für sauer gibt es viele H^+ -Ionen und bei basisch gibt es mehr OH^- -Ionen. Jetzt ist meine Frage, gibt es bei basisch auch H^+ -Ionen // #00:11:43#

S: Ähm ja. #00:11:44#

A: //oder nicht? #00:11:45#

S: Also ja, es gibt H^+ -Ionen nur um einiges weniger als wenn es sauer ist. #00:11:50#

A: Mhm. #00:11:51#

S: Und ich glaube genauso ist es bei den OH^- -Ionen, dass //:ähm:// es in den sauren genauso OH^- -Ionen gibt, nur um einiges weniger. Und ich habe halt geglaubt, dass wenn es basisch

wird es immer mehr OH⁻-Ionen gibt. Und immer weniger H⁺-Ionen. Und beim anderen genauso mit dem H⁺-Ionen. #00:12:10#

A: Mhm. Ok. Dann, ähm, die letzte Frage. Und zwar hast du bei beiden Concept-Maps das Wort ätzend hingeschrieben und zwar bei der ersten pH = 0 extrem ätzend u-und bei der zweiten hast du es zweimal zu Säuren und Basen hingeschrieben. #00:12:32#

S: Mhm. #00:12:33#

A: Aber jetzt nicht so genau eingeordnet wie da, mit dem pH ist gleich 0. #00:12:36#

S: Ja. Ähm. Das mit dem ätzend das habe ich eben nicht gewusst. Was jetzt ätzend ist. Aber 0 ist eigentlich neutral und nicht ätzend, also war es ja eigentlich falsch. Und ähm, und wenn es extremst sauer ist, oder eben extrem basisch, also das ist ja beides ätzend. Und darum habe ich eben beides bei Säuren hingeschrieben. Weil es eben beides zutrifft #00:12:54#

A: Okay, also extrem sauer und extrem basisch, ähm // #00:12:58#

S: Sind beide ätzend. #00:12:59#

A: //kann man zu beiden ätzend sagen. Ok. Ähm. Ja, bei diesem pH ist gleich 0 neutral, habe ich da eh noch eine Frage gehabt und zwar, weil da hast du hingeschrieben pH = 0 ist neutral und dann hast du aber wieder 7 hingeschrieben. Also ist das jetzt 0 oder ist das jetzt 7 der pH-Wert? Ähm für neutral. #00:13:15#

S: Ups. Ähm pH 7. Also pH 7 glaube ich. Ja also bei pH 7 und dann ist es neutral. #00:13:20#

A: Mhm. #00:13:22#

S: pH 0 ist ja eigentlich extrem sauer und ätzend. #00:13:24#

A: Genau. Mhm. #00:13:26#

S: Ups. #00:13:28#

A: Kein Problem. Gut. Passt. Dann ... vielen Dank für das Interview. #00:13:33#