

# **GYMNASIUM NEUBIBERG**

Abiturjahrgang 2021/2023

## **SEMINARARBEIT**

aus dem W-Seminar Chemie? aber anschaulich!

## **THEMA**

Ein gekürztes Periodensystem der Elemente – digital animiert mit geeigneter Software unter besonderer Berücksichtigung der Teilchenebene

Verfasser: David Nentwich

Seminarleiter: [Anonym]

Abgabetermin: 08.11.2022

## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	3
2 Chemiedidaktische Ausgangssituation in Bezug auf das PSE .....	4
2.1 Begrifflichkeit nach Barke .....	4
2.2 Präkonzepte von Schülern.....	5
2.3 Weiterentwicklungen des PSE.....	6
3 ChemieGenie als eine Lösung der Probleme des PSE.....	8
3.1 Programmiersoftware Unity .....	8
3.2 Aufbau der App ChemieGenie im Überblick .....	9
3.3 Aufbau einzelner Komponenten im Detail.....	10
3.4 Publikation des Produktes als App .....	11
3.5 Vor- und Nachteile der App im Vergleich zu anderen Lösungen .....	12
4 Anwendungsmöglichkeiten des Produkts.....	13
4.1 Vorteile von digitalen Medien im Unterricht .....	13
4.2 Theoretische Verwendung des Produkts am Gymnasium Neubiberg ....	14
5 Fazit .....	15
6 Anhang.....	16
6.1 Literaturverzeichnis .....	16
6.2 Abbildungsverzeichnis .....	17
6.3 Erklärung des Verfassers .....	18

## 1 Einleitung

*„Die Chemie [...] ist die Lehre vom Aufbau, Verhalten und der Umwandlung von Stoffen sowie den dabei geltenden Gesetzmäßigkeiten.“<sup>1</sup>*

Genau diese Konzepte und Prinzipien sollen in Form des Schulfachs Chemie möglichst verständlich den Schülerinnen und Schülern beigebracht werden. Allerdings handelt es sich hierbei um Teilchen, die wir mit einer normalen schulischen Ausstattung nicht betrachten können. Deswegen ist es nur verständlich anzunehmen, dass es vielen schwer fällt, diese Thematik vollumfänglich zu verstehen.

Diesem Problem sah ich mich selbst ausgesetzt, weswegen ich mich im Rahmen dieser Arbeit damit befasse, einen Teil der Lösung für diese Problematik zu finden und ich hoffe, dass ich damit den Schülerinnen und Schülern der nächsten Generation helfen kann.

Zum einen werde ich mich damit beschäftigen, weshalb es im Chemieunterricht Fehlvorstellungen gibt und welche Lösungen bisher dafür gefunden wurden. Zum anderen stelle ich mein eigens programmiertes Produkt vor, welches ein digitales gekürztes Periodensystem der Elemente auf Teilchenebene ist. Zudem gehe ich noch auf die Vorteile von digitalen Medien ein, sowie die theoretische Benutzung meines Produktes im Unterricht. Zum Abschluss der Arbeit werde ich meine Schlussfolgerung der Ergebnisse innerhalb eines Fazits begründen.

---

<sup>1</sup> Lexikon Chemie

## 2 Chemiedidaktische Ausgangssituation in Bezug auf das PSE

Die Chemie wird als moderne Naturwissenschaft anerkannt, doch dessen Grundform existiert wohl schon seit Jahrhunderten, wenn nicht sogar schon seit Jahrtausenden. Als bekanntes Beispiel kann die Alchemie, welche etwa im 4. Jahrhundert entstanden ist, aufgezählt werden. Auch wenn diese frühen Chemiker einige richtige Thesen aufgestellt haben und so den Grundstein für die heutige Chemie legten, so wurden natürlich aufgrund der fehlenden Ausrüstung einige Ungenauigkeiten und Unwahrheiten verbreitet. Aber auch in der heutigen Zeit kommt es immer wieder zu falschen Theorien und Vorstellungen, welche vor allem im Chemieunterricht problematisch für die Weiterbildung der Schülerinnen und Schüler sein kann.<sup>1</sup>

### 2.1 Begrifflichkeit nach Barke

Prof. Dr. Hans-Dieter Barke hat in seinem Buch „Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen“ diese Fehlvorstellungen an Schulen im Bereich Chemie analysiert. Hierbei werden verschiedene Begrifflichkeiten definiert, welche für den Kontext dieser Arbeit relevant sind.

Zum einen wird von sogenannten Präkonzepten gesprochen, wenn ohne Vorwissen zu einem Thema eine für den Betrachter logische Schlussfolgerung getroffen wird, diese muss allerdings nicht immer der Realität entsprechen. Zum anderen definiert Barke hausgemachte Fehlvorstellungen als im Unterricht misslungene Vermittlungsprozesse.<sup>2</sup>

Die Chemiedidaktik versucht, eben diese Präkonzepte und hausgemachten Fehlvorstellungen zu ermitteln und den Unterricht dementsprechend zu verbessern.

---

<sup>1</sup> Vgl. Barke S. 8f

<sup>2</sup> Vgl. ebd. S. 21

## 2.2 Präkonzepte von Schülern

„Ohne Kraft keine Bewegung.“ Diese Aussage wird zwar durch das Trägheitsgesetz von Newton widerlegt, doch es ist durchaus vorstellbar, dass es einige junge Menschen mit diesem Präkonzept gibt.

Vor allem im Anfangsunterricht der Naturwissenschaften sind diese Fehlvorstellungen mehrfach vertreten. Dies ist allerdings auch verständlich, da Schülerinnen und Schüler ohne zusätzliche Hilfsmittel nur schwer moderne Konzepte auffassen können. Die Lehrerinnen und Lehrer sollten sich dieser Problematik annehmen und die Lernenden möglichst so lenken, dass sie selbst diese neuen Erkenntnisse sammeln können.<sup>1</sup> Nur so *„kann es zum erfolgreichen Konzeptwechsel im Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie kommen“*.<sup>2</sup>

Allerdings können in den Schulen hausgemachte Fehlvorstellungen entstehen, zum Beispiel dadurch, dass chemische Reaktionen von physikalischen Vorgängen traditionell getrennt werden. Diese werden zudem auch von der Komplexität einiger Themenbereiche und der meist ungenügenden Stundenzahl, um den Schülerinnen und Schülern diese chemischen Konzepte effektiv und nachhaltig zu vermitteln, gefördert.<sup>3</sup>

Um den Vermittlungsprozess der wissenschaftlichen Vorstellungen für Lernende möglichst optimal zu gestalten, sollten diese die Möglichkeit haben, den Unterricht individuell aufzubauen. Aber auch Eigenständigkeit sowie das generelle Anpassen der Lehrmethoden auf unsere heutige Gesellschaft sind hierfür von Nöten.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Barke S. 22-25

<sup>2</sup> ebd. S. 24

<sup>3</sup> Vgl. ebd. S. 25f

<sup>4</sup> Vgl. ebd. S. 27f

## 2.3 Weiterentwicklungen des PSE

Das Periodensystem der Elemente (PSE) ist eines der wichtigsten Hilfsmittel für den Chemieunterricht und die dazugehörigen Prüfungen. Wenn die Lernenden beispielsweise Reaktionsgleichungen aufstellen, Ionenbildungen erklären oder die Anzahl der Bindungsmöglichkeiten ermitteln möchten, kann dies mithilfe einer solchen Tabelle einfacher gelingen.

Auf Grund dieser Annahme sollten Schülerinnen und Schüler das PSE verstehen, lesen und auch interpretieren können, um hausgemachte Fehlvorstellungen möglichst zu vermeiden. Allerdings hat sich dieses System im Lauf der Jahrzehnte immer wieder verändert, um zum Beispiel neue Elemente hinzuzufügen oder um die Exaktheit der Werte zu verbessern. Auch das Periodensystem nach Helmut Kohler und Hermann Fischer, welches am Gymnasium Neubiberg der Standard ist, hat viele Vorteile, als auch einige Nachteile.

Denn laut Matthias Kremer, der 2013 einen Vortrag bei der Tagung der MNU (Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts) in Bremerhaven gehalten hat, gibt es mehrere Probleme, die zu Fehlvorstellungen im Anfangsunterricht führen können. So ist einerseits die Abgrenzung von Stoffebene und Teilchenebene nicht genügend geschildert und andererseits werden falsche Verknüpfungen wie Elemente mit Atomen oder Verbindungen mit Molekülen gefördert. Auch werden Allotrope, wie Graphit oder Diamant nicht genügend berücksichtigt.

Als mögliche Alternative hat Kremer das „PSE hoch 3“ erstellt.<sup>1</sup> Dieses System erfüllt nun einige Kriterien, wie in Abbildung 1 zu sehen ist, welche er bei oben genanntem Vortrag erläutert hat. So ist zum Beispiel die Trennung der Elemente in Stoff- und Teilchenebene berücksichtigt, aber auch die Allotrope sind nicht vernachlässigt worden. Zudem sind zu jeder Stoffart auch entsprechende Bilder anschaulich hinterlegt worden. Allerdings sind zwar die mittlere Atommasse und die Ordnungszahl als Daten der Atome und elementaren Stoffe vorhanden, jedoch wäre die Erweiterung um Attribute wie Schmelz- und Siedetemperatur,

---

<sup>1</sup> Vgl. PSE hoch 3 - Offizielle Webseite

sowie die Elektronegativität für ein besseres Verständnis chemischer Konzepte wünschenswert.

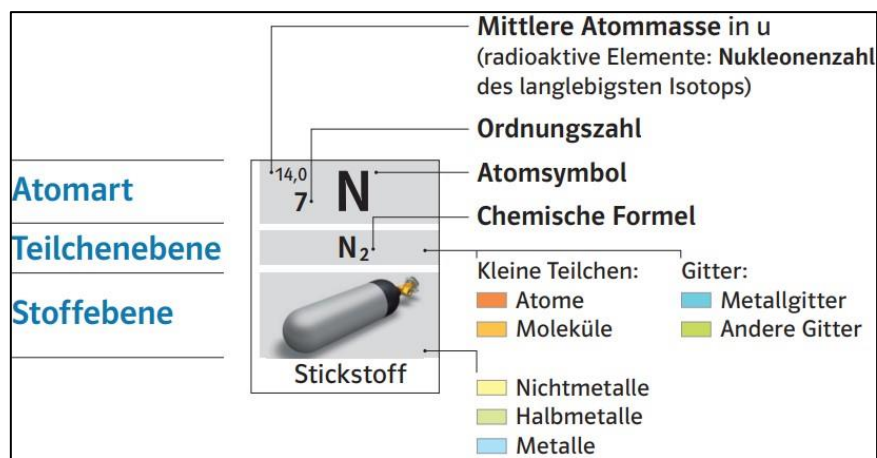


Abbildung 1: PSE hoch 3 - Erklärung

Für Sauerstoff kann mithilfe des „PSE hoch 3“ einiges geschlussfolgert werden.



Abbildung 2: PSE hoch 3 - Beispiel

So kann von Abbildung 2 abgelesen werden, dass es sich um ein Molekül und ein Nichtmetall handeln muss. Außerdem existiert es nicht nur in Form von Sauerstoff, sondern auch als Ozon, welches aus einem zusätzlichen Sauerstoffatom besteht. Zudem sind auch das zugehörige Atomsymbol und das chemische Formelzeichen gegeben. Abschließend lässt sich also sagen, dass es sich um eine sehr anschauliche und leicht verständliche Abbildung handelt. Allerdings ist die

oben erklärte Problematik der quantitativ fehlenden Menge an Daten auch im Beispiel Sauerstoff vorhanden. Zudem ist die Teilchenebene nach genauerer Betrachtung auch ungenügend definiert, da nur zwischen Atomen, Molekülen, Metallgittern und anderen Gittern farblich unterschieden wird und somit die genaue Struktur, sowie die Relevanz von Elektronen auf Teilchenebene im System von Kremer nicht hergeleitet werden kann.

Somit ist diese Weiterentwicklung zwar ein Lösungsansatz, welcher einige Probleme lösen kann, jedoch auch gleichzeitig mit neuen Komplikationen einhergeht.

### 3 ChemieGenie als eine Lösung der Probleme des PSE

Für die im ersten Abschnitt behandelte Problematik der derzeitigen Ausgangssituation wurde im Rahmen des W-Seminars die App „ChemieGenie“ programmiert. In den nachfolgenden Abschnitten wird davon ausgegangen, dass sich der oder die Lesende mit den Funktionen des Programms grob auseinandergesetzt hat.<sup>1</sup>

#### 3.1 Programmiersoftware Unity

Für die Programmierung der App wurde die Spieleentwicklungssoftware Unity (Version: 2021.3.11f1) von Unity Technologies verwendet.<sup>2</sup>

Im Grunde kann diese Anwendung von jedem *„mit einem Umsatz oder aufgebrauchten Mitteln in Höhe von weniger als 100.000 \$ in den letzten 12 Monaten“*<sup>3</sup> verwendet werden. Bevor ich mich mit dem Seminarthema auseinandergesetzt habe, habe ich mich bereits einige Jahre mit Unity und dessen Programmiersprache C# hobbymäßig beschäftigt. Deswegen ist die Software sehr geeignet, da nicht nur die Rahmenbedingungen stimmen, sondern auch eine gewisse Expertise meinerseits vorhanden ist.

Das Grundkonzept besteht darin, dass mit sogenannten „Game Objects“ die Spielwelt simuliert werden kann. Dabei können diese Objekte auch miteinander interagieren und durch Ereignisse, wie beispielsweise das Klicken auf das entsprechende Objekt, beeinflusst werden. Jedes Game Object besteht jeweils aus frei wählbaren Komponenten, wie zum Beispiel Koordinaten, Bildern oder auch aus eigens programmierbaren Skripts. Eine Komponente besteht wiederum aus veränderbaren Parametern, so enthält eine Koordinaten-Komponente X, Y und Z Werte, mit denen das Game Object in der Spielwelt positioniert wird.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> ChemieGenie kann entweder über die EXE-Datei im beiliegendem USB-Stick oder über den in Abbildung 6 gezeigten QR-Code aufgerufen werden.

<sup>2</sup> Vgl. Unity - Hauptseite

<sup>3</sup> Unity - Personal Plan

<sup>4</sup> Auf den detaillierten Aufbau, sowie die Handhabung des Programms wird nicht genauer eingegangen, da es den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, allerdings gibt es für Interessierte die Dokumentation von Unity im Internet (Vgl. Unity - Dokumentation)



### 3.2 Aufbau der App ChemieGenie im Überblick

Wie bereits im letzten Kapitel erklärt, besteht die von Unity simulierte Umgebung aus Game Objects. Diese können nun in einer hierarchischen Ordnung miteinander verknüpft werden. So auch in der App ChemieGenie, wie in Abbildung 3 zu erkennen ist.

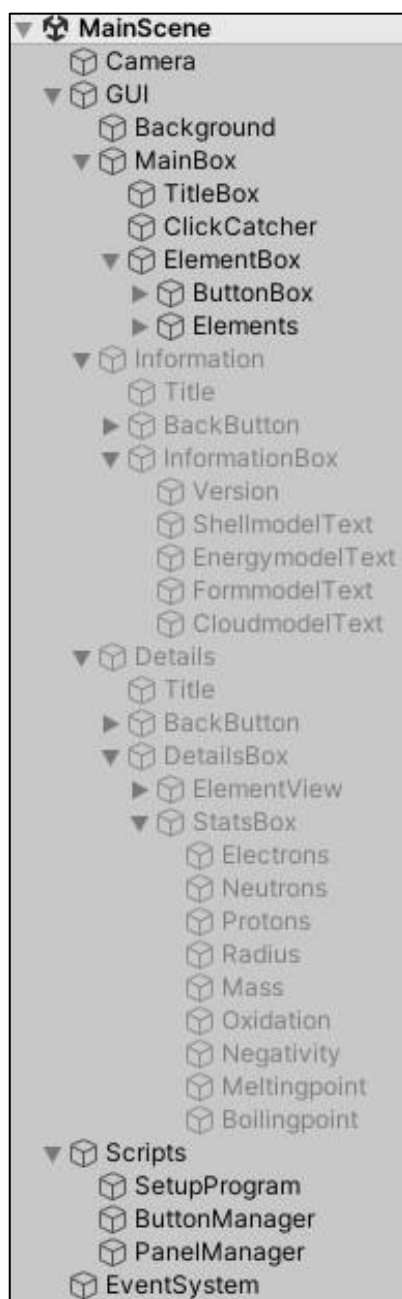


Abbildung 3: ChemieGenie - Hierarchie

Einerseits gibt es das „Scripts“-Objekt, in welchem der größte Teil des Programmtextes gelagert ist, und vor allem der Startvorgang gehandhabt wird, welcher den Grundzustand der App definiert. Aber auch die Mechanik des Klickens auf etwaige Knöpfe wird in diesem Unterpunkt verarbeitet.

Andererseits ist alles, was ein Unterpunkt des „GUI“ („Graphical User Interface“) ist, visuell mindestens zu einem Zeitpunkt sichtbar.<sup>1</sup> So sind in „MainBox“ die Game Objects enthalten, welche das Hauptmenü darstellen, wie zum Beispiel die Boxen der Elemente von Wasserstoff bis Krypton und die fünf Knöpfe zur Auswahl der Modi beziehungsweise der Informationserhaltung. Aber auch das Informationsfenster, sowie das Detailsfenster, welche sich nach Klicken auf den Informationsknopf oder auf eine Box eines Elements öffnen, sind darin enthalten.

Ein grundlegendes Konzept, welches für die Programmierung der App verwendet wurde, ist, dass möglichst alles zu Beginn des Programms berechnet wird. Somit führt ein Klick eines Knopfes nicht zur Kalkulation einer neuen Ansicht, sondern nur zur (De-)Aktivierung eines Game Objects, wodurch Zeit gespart werden kann.

<sup>1</sup> Elemente, welche zum Startzeitpunkt der App unsichtbar sind, werden in Abbildung 3 mit einer grauen Schrift dargestellt.

### 3.3 Aufbau einzelner Komponenten im Detail

Eines der wichtigsten Mechaniken der Software ist die Darstellung und Positionierung der Elektronen (blaue Kreise). Dabei soll zum einen gelten, dass alle Elektronen denselben Anteil an freien Raum besitzen und zum anderen, dass sie sich in der vorgegebenen Formlinie (Kreisbahn) aufhalten, wie in Abbildung 4 zu erkennen ist.

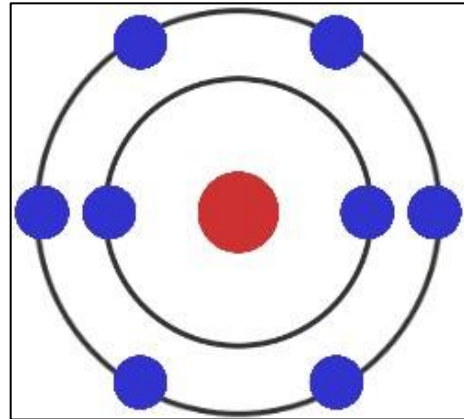


Abbildung 4: ChemieGenie - Schalenmodell Sauerstoff

Um dies zu erreichen, wird die in Abbildung 5 gezeigte Formel verwendet. Der Index nummeriert die Elektronen von eins bis zur maximalen Anzahl an Elektronen (maxIndex).

Um einen Kreis zu bilden kann der Einheitskreis in der Mathematik als Lösungsansatz verwendet werden.<sup>1</sup> Wenn nun also der Kosinus (für den y-Wert der Sinus) von einem prozentualen Wert des Index genommen und mit  $2\pi$  multipliziert wird, so ist der entstandene Wert eine Position am Einheitskreis. Dieser Wert wird nun mit dem Radius  $r$  multipliziert, um die Entfernung der Kreisbahn mit einzuberechnen. Zudem muss der Mittelpunkt noch auf den Atomkern gesetzt werden (roter Kreis), indem das derzeitige Ergebnis mit dessen Position (mittelpunktX) addiert wird. Dadurch kann der x-Wert (und y-Wert) der Position des Elektrons berechnet werden.

$$x = r \times \cos\left(2\pi \times \frac{\text{index} - 1}{\text{maxIndex}}\right) + \text{mittelpunktX}$$

Abbildung 5: ChemieGenie - Kreisbahn-Formel

Eine weitere implementierte Mechanik ist die Drehung der Elektronenwolken im gleichnamigen Modell. Hierbei wird wieder der prozentuale Wert des Index genommen, diesmal jedoch danach mit 360 multipliziert. Somit entsteht eine lineare Funktion, welche die Wolken rotieren kann.

Die Wolken werden genauso wie die Elektronen im Schalenmodell positioniert.

<sup>1</sup> Vgl. GeoGebra - Einheitskreis

### 3.4 Publikation des Produktes als App

Ein weiteres Ziel der Software ChemieGenie ist dessen Publikation, um den Schülerinnen und Schülern chemische Konzepte näherzubringen. Dieses Vorhaben wird von Unity unterstützt, so können für die Plattformen Windows, Mac, Android und iOS dementsprechende Apps erstellt werden.

Jedoch ist die Publikation durch etwaige Datenschutzvoraussetzungen und monetäre Kosten für die jeweiligen App-Stores erheblich erschwert. Hierdurch ist es nicht möglich, ChemieGenie auf dem „App Store“ für Apple oder dem „Google Play Store“ für Android Geräte zu publizieren.

Allerdings ist ein anderer Ansatz, das Produkt als WebGL<sup>1</sup> Applikation im Internet zu veröffentlichen. Damit kann theoretisch jeder moderne Browser die Webseite öffnen und ChemieGenie benutzen. Unity bietet auch einen kostenlosen Server an, welcher für die Veröffentlichung von WebGL-Apps genutzt werden kann. In der Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass auf Android basierende Endgeräte die App im Browser nicht öffnen können. Dies sollte allerdings kein Problem darstellen, da die Schul-iPads am Gymnasium Neubiberg mit iOS betrieben werden und so die Schülerinnen und Schüler das Produkt verwenden können.

Der in Abbildung gezeigte QR-Code ist der entsprechende Link, welcher zur ChemieGenie Webseite führt.



Abbildung 6: ChemieGenie - QR-Code

---

<sup>1</sup> Vgl. WebGL - Dokumentation

### 3.5 Vor- und Nachteile der App im Vergleich zu anderen Lösungen

Als Referenz werden die in Kapitel 2.3 besprochenen Vor- und Nachteile des am Gymnasium Neubiberg standardisierten PSE, sowie Kremers „PSE hoch 3“ verwendet, um das Produkt ChemieGenie zu bewerten.

Einerseits kann damit argumentiert werden, dass die App nicht die Stoffebene miteinbezieht, sondern sich nur auf die Teilchenebene konzentriert. Dies führt unweigerlich dazu, dass andere Produkte zur Erklärung der fehlenden Ebene genutzt werden müssen. Dadurch können folglich auch keine Allotrope gezeigt werden. Allerdings impliziert der Titel „ChemieGenie – So geht Teilchenebene!“, welcher in der App erscheint, dass es sich nur um diese Ebene handelt, wodurch die Bildung von Fehlvorstellungen möglichst ausgeschlossen sein sollten.

Andererseits kann durch das Schalen-, Energiestufen-, Elektronenformel- und Kugelwolkenmodell, welche in der App ChemieGenie enthalten sind, eine visuelle Verknüpfung der Teilchen mit den dazugehörigen Grafiken entstehen. Damit können die Lernenden ein besseres Verständnis für Elementsymbole wie „Na“, „Cl“ oder „Ar“ entwickeln.

Eine weitere Verbesserung zu Kremers „PSE hoch 3“ ist die Erweiterung der Daten der einzelnen Atome. So sind die Ordnungszahl als Protonenzahl und die Atommasse in beiden Produkten enthalten. Zudem sind zusätzlich der Atomradius, die Oxidationszahl und die Elektronegativität in der App vorhanden. Beispielsweise kann letzteres für die Bestimmung der Polarität verwendet werden.

Letztendlich ist die App ChemieGenie kein universelles Hilfsmedium, wie das Periodensystem, allerdings ist anzunehmen, dass es als ergänzendes Mittel für den Chemieunterricht eine positive Wirkung zeigen würde.

## 4 Anwendungsmöglichkeiten des Produkts

Im folgenden Abschnitt sollen die Möglichkeiten, welche die veröffentlichte App ChemieGenie im Unterricht besitzt, gezeigt werden.

### 4.1 Vorteile von digitalen Medien im Unterricht

Durch den voranschreitenden technologischen Fortschritt, ist auch im Schulunterricht ein Wandel zu erwarten, weshalb auch am Gymnasium Neubiberg immer öfter digitale Medien eingesetzt werden. Deren Vorteile werden im nachfolgenden Kontext dargestellt.

*„Es gibt hinreichend empirische Evidenz für spezifische lernförderliche Wirkungen digitaler Medien in Lehr- und Lernprozessen, allerdings lassen sich Aussagen weder im Hinblick auf einzelne Medienangebote noch im Hinblick auf spezifische Schülergruppen noch im Hinblick auf spezifische Fächer oder Fachkulturen pauschalisieren.“<sup>1</sup>*

Somit kann die Benutzung von digitalen Medien im Unterricht vorteilhaft sein, allerdings muss das Medium, das Unterrichtsthema und die Lernenden aufeinander abgestimmt sein. Deshalb sollte eine gewisse Medienkompetenz bei Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern vorhanden sein, um eine effektive Benutzung zu gewährleisten.

In Bezug auf das Produkt ChemieGenie heißt das, dass einerseits das Vorhandensein von Endgeräten mit einer Internetverbindung, sowie die Kompetenz für deren Benutzung gegeben sein muss. Andererseits muss auch das von den Lehrenden definierte Unterrichtsthema mit den Verwendungsmöglichkeiten der App ChemieGenie vereinbar sein.

---

<sup>1</sup> Herzig S. 22

## 4.2 Theoretische Verwendung des Produkts am Gymnasium Neubiberg

Die Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Verwendung der App ChemieGenie, sind am Gymnasium Neubiberg gegeben. Dies liegt zum einen daran, dass Schul-iPads, welche mit dem Schulinternet verbunden sind, bereitgestellt werden. Zum anderen ist die Verwendung von ChemieGenie möglichst intuitiv gestaltet, wodurch für das Verständnis der Lernenden nur eine kurze Einführung der App durch die Lehrerin oder den Lehrer benötigt wird.

Somit kann das Produkt im Unterricht angewandt werden, um zum Beispiel Salzbildungsreaktionen oder Flammenfärbungen (vereinfacht) zu erklären. Zudem kann ChemieGenie auch zur Bestimmung der Polarität oder für ein besseres räumliches Verständnis der Atome und Moleküle verwendet werden. Letztendlich kann das Produkt einen besseren Überblick und Verständnis über das Periodensystem nach Helmut Kohler und Hermann Fischer schaffen, da durch die vier Modelle eine visuelle Verknüpfung mit den Elementen entsteht. Dies würde eine positive Wirkung für den Unterricht zeigen.

Allerdings ist eine primäre Verwendung des Produkts im schulischen Bereich durch die in 3.5 genannten Argumente nicht vorhergesehen. Aber es ist theoretisch vorstellbar, dass sich die Lernenden in einer Unterrichtsstunde damit beschäftigen. Praktisch gesehen, hängt dies von der Lehrerin oder dem Lehrer und dem derzeitigen Unterrichtsthema ab, ob die Verwendung der App passend ist.

Zudem kann die theoretische Verwendung ChemieGenies, wenn die Rahmenbedingungen stimmen sollten, mit einer positiven Wirkung einhergehen, jedoch ist, um eine sichere Aussage zu treffen auch eine praktische Anwendung von Nöten.

## 5 Fazit

Dieser Arbeit zugrunde liegende Prämisse ist die Problematik, Schülerinnen und Schülern Konzepte und Prinzipien über Teilchen, welche für unsere Augen unsichtbar sind, möglichst verständlich zu vermitteln. Dabei sollten zudem keine hausgemachten Fehlvorstellungen entstehen und mögliche Präkonzepte sollten mit Vermittlungsprozessen der wissenschaftlichen Vorstellungen behoben werden.

Dabei wurde eigens für diese Arbeit das Produkt ChemieGenie mit der Software Unity erstellt, welches ein Lösungsansatz für die eben genannten Probleme darstellen soll. Die in der App enthaltenden vier Modelle, welche bis zur vierten Periode des PSE alle Elemente der Hauptgruppe zeigen, werden anschaulich und verständlich dargestellt. Auch kann ChemieGenie für schulische Zwecke im Browser, mit dem in Abbildung 6 gezeigten QR-Code, aufgerufen werden.

Ein Vergleich mit anderen Produkten hat gezeigt, dass die App zwar nicht universell verwendet werden kann, jedoch ist die Software zur Behandlung der Teilchenebene im Unterricht zur Lösung der zugrundeliegenden Problematik im Stande. Denn mit ChemieGenie können die eigentlich unsichtbaren Teilchen sichtbar gemacht werden.

## 6 Anhang

### 6.1 Literaturverzeichnis

Barke, H. Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Münster, 2006.

GeoGebra - Einheitskreis. o. J.

<<https://www.geogebra.org/m/K2BjkaFg#material/FJtrEDAr>>.

Herzig, B. Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht? Paderborn, 2014.

<[https://rsm-bst-live.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie\\_IB\\_Wirksamkeit\\_digitale\\_Medien\\_im\\_Unterricht\\_2014.pdf](https://rsm-bst-live.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Wirksamkeit_digitale_Medien_im_Unterricht_2014.pdf)>.

Kremer, Matthias. PSE hoch 3 - Offizielle Webseite. o.J.

<<https://pse3de.wordpress.com>>.

Lexikon Chemie. o.J. <<https://www.chemie.de/lexikon/Chemie.html>>.

Unity - Dokumentation. o.J. <<https://docs.unity.com>>.

Unity - Hauptseite. o.J. <<https://unity.com/de>>.

Unity - Personal Plan. o.J. <<https://store.unity.com/de/products/unity-personal>>.

WebGL - Dokumentation. o.J. <[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API)>.

*Alle Internetquellen wurden zuletzt am 05.11.2022 aufgerufen.*

Zudem wurde ein USB-Stick mit der ChemieGenie-Datei mit der Arbeit selbst abgegeben.



## 6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: PSE hoch 3 - Erklärung, Seite 7,

<[https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/PSE3\\_auf\\_einem\\_Blatt\\_V2.pdf](https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/PSE3_auf_einem_Blatt_V2.pdf)>  
(Zugeschnitten).

Abbildung 2: PSE hoch 3 - Beispiel, Seite 7,

<[https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/PSE3\\_auf\\_einem\\_Blatt\\_V2.pdf](https://www2.klett.de/sixcms/media.php/229/PSE3_auf_einem_Blatt_V2.pdf)>  
(Zugeschnitten).

Abbildung 3: ChemieGenie - Hierarchie, Seite 9,

Eigens erstellte Aufnahme aus Unity mit dem Projekt ChemieGenie.

Abbildung 4: ChemieGenie - Schalenmodell Sauerstoff, Seite 10,

Eigens erstellte Aufnahme aus der App ChemieGenie.

Abbildung 5: ChemieGenie - Kreisbahn-Formel, Seite 10,

Eigens erstellte Grafik der Formel zur Berechnung der Kreisbahn aus der App ChemieGenie.

Abbildung 6: ChemieGenie - QR-Code, Seite 11,

Mithilfe von [qrcode-generator.de](https://www.qrcode-generator.de/) erstellter QR-Code, welcher zu dieser URL führt: <<https://play.unity.com/mg/other/web-x9mil>>.

*Alle Internetquellen wurden zuletzt am 05.11.2022 aufgerufen.*

### 6.3 Erklärung des Verfassers

Ich erkläre, dass ich die Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

....., den .....  
Ort Datum Unterschrift des Verfassers