



# Digitalisierung von Versuchsvorschriften

Horst Klemeyer<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universität Hamburg, Institut für organische Chemie AK Prof. Vill, Astweg 8, 22523 Hamburg

\*Email Korrespondenzautor:in: [horst.klemeyer@uni-hamburg.de](mailto:horst.klemeyer@uni-hamburg.de)

**Abstract:** Das praktische Experiment ist ein unverzichtbarer Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Daher ist es sinnvoll, dass die für den experimentellen Chemieunterricht notwendigen Versuchsanleitungen und die für die sichere Durchführung notwendigen Informationen digital zugänglich sind. Dies soll das Online-Portal "Gefahrstoff-Informationssystem für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht der gesetzlichen Unfallversicherung (DEGINTU)" leisten. DEGINTU ist eine Datenbank der DGUV, die allen Schulen, Schülerlaboren und Lehrerbildungsstätten kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Für den Zugriff auf die Datenbank ist lediglich eine Registrierung erforderlich. In DEGINTU sind derzeit 781 chemische Versuchsanordnungen mit weitgehend vorgefertigten Gefährdungsbeurteilungen online verfügbar. Darin enthalten sind zwar auch die Versuchsanleitungen des Akademiereports "Chemie? aber sicher!", der Bedarf ist damit aber nicht gedeckt. Da die DEGINTU-Datenbank die Freigabe von Versuchsanleitungen nur innerhalb der eigenen Schule zulässt, ist es sinnvoll, neben der eigenen auch eine virtuelle Schule in der DEGINTU-Datenbank anzulegen. Damit können Versuchsanleitungen für externe Lehrerkollegen diskret oder durch Veröffentlichung der Zugangsdaten eines Lehreravatars weltweit zur Verfügung gestellt werden.

**Keywords:** Digitale Versuchsvorschriften, DEGINTU, Gefährdungsbeurteilung, Substitutionsprüfung, Veröffentlichen

## 1. Die Datenbank DEGINTU

Das praktische Experiment ist eine unverzichtbare Komponente des naturwissenschaftlichen Unterrichts [1]. Es ist deshalb sinnvoll, dass die für den experimentellen Chemieunterricht notwendigen Versuchsvorschriften mit den Informationen, die für die sichere Durchführung notwendig sind, digital zugänglich sind. Das Online-Portal „Gefahrstoffinformationssystem für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht der Gesetzlichen Unfallversicherung (DEGINTU)“ soll dies leisten. Es ist für den Geltungsbereich der Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) – Empfehlung der KMK konzipiert. DEGINTU ist eine Datenbank der DGUV, die dafür kostenlos und frei allen Schulen, Schülerlabors und Institutionen der Lehramtsausbildung zur Verfügung gestellt wird. Lediglich eine Registrierung ist für den Zugriff auf die Datenbank notwendig [2].

In DEGINTU stehen zurzeit 781 chemische Versuchsvorschriften mit weitgehend vorgefertigten Gefährdungsbeurteilungen online zur Verfügung. Obschon darunter auch die Versuchsvorschriften des Akademieberichts „Chemie? aber sicher!“ sind, deckt dies den Bedarf nicht ab [3].

Tab. 1: Intrinsische Eigenschaften der DEGINTU-Datenbank

Kriterium	Erfüllt
Online-Sammlung von Versuchsvorschriften	Ja
Tätigkeitsbeschränkungen gemäß DGUV-Information 213-098	Ja
Gefährdungsbeurteilungen unter Berücksichtigung der GHS-Kennzeichnung und der Tätigkeitsbeschränkungen	Ja
Automatische Aktualisierung der Online-Versuchsvorschriften bei Änderung der GHS-Kennzeichnung in DEGINTU	Ja
Gefährdungsbeurteilung unter Berücksichtigung der: - Gefahrenhöhen des GHS-Spaltenmodell zur Substitution - GHS-Einstufung (bei ätzenden Stoffen) - des Freisetzungsverhaltens (Flüchtigkeit & Gefährdungszahl) - Indizes der TRGS 900 (hautresorptiv & sensibilisierend) - BK 1317 (nervenschädigend) - Substitutionsprüfung gemäß RiSU und TRGS 600	Nein

## 1.1 Probleme von DEGINTU

DEGINTU baut auf der DGUV-Information 213-098 „Unterricht in Schulen mit gefährlichen Stoffen“ auf. Diese DGUV-Information basiert auf dem Gefahrstoffrecht von 2016 [4] (Tab1). In der Zwischenzeit änderte sich insbesondere bei den Kategorien „leicht entzündbar“, „chronisch schädigend“ und „hautätzend“ die Bewertung der Gefahren [5, 6, 7]. Die aktuelle RiSU fordert ergänzend zu den Tätigkeitsbeschränkungen der DGUV-Information für alle Stoffe und Gemische mit hohen Gefahren Ersatzstoffprüfungen mit dem Ziel diese zu ersetzen [8]. Bei den Versuchsvorschriften aus DEGINTU fehlen demzufolge bisher solche konsequenten Ersatzstoffprüfungen. Beispielsweise gibt es hier Versuchsvorschriften mit hochgefährlichen und leichtflüchtigen Lösungsmitteln wie Aceton oder Ethylacetat. Es ist zumeist möglich diese durch das mittel-flüchtige Butylacetat zu ersetzen. Zudem gibt es Versuchsvorschriften mit (B)TEX-Aromaten. Es ist in der Regel möglich diese durch das weniger gefährliche Mesitylen zu ersetzen [9]. Darüber hinaus ist es aus Vorsorgegründen grundsätzlich sinnvoll Gefahrstoffe und deren Gemische, die die Nerven schädigen können oder die inhalativ, dermal oder oral bioverfügbar sind, zu ersetzen [10, 11]. DEGINTU stellt auch in dieser Hinsicht Versuchsvorschriften mit problematischen Stoffen zur Verfügung, die durch nicht bioverfügbare Alternativen ersetzt werden sollten. So eignet sich beispielsweise beim Thema Farbstoffe statt der Synthese des hochgefährlichen Orange II die Synthese des Lebensmittelfarbstoffes Gelborange S und beim Aldehyd-Nachweis kann das Schiffs Reagenz durch den Tintenfarbstoff Königsblau ersetzt werden [12, 13]. Die Informationen aus DEGINTU reichen für den sicheren experimentellen Chemieunterricht nicht aus und sind zu ergänzen [14, 15, 16].

## 1.2.0 Problemlösung mit DEGINTU

Diesen Problemen kann durch die digitale Verbreitung bereits sicherheitsgerecht entwickelter oder optimierter Versuchsvorschriften entgegengewirkt werden. Die Bedienung von DEGINTU ist einfach und schnell zu erlernen. Die Mängel in DEGINTU wirken sich



vor allem bei Versuchsvorschriften aus, die noch nicht sicherheitsgerecht überprüft sind, bereits optimierte Vorschriften sind davon zumeist nicht betroffen. Damit ist es praktisch, optimierte Versuchsvorschriften dort digital anzulegen, um sie im Unterricht sicherheitsgerecht durchzuführen. Da in DEGINTU alle Versuchsvorschriften bezüglich der GHS-Kennzeichnung der verwendeten Stoffe und der hieraus abgeleiteten Tätigkeitsbeschränkungen automatisch fortlaufend aktualisiert werden, profitieren davon auch die dort selbst angelegten Versuchsvorschriften. In DEGINTU ist es möglich, die Versuchsvorschriften jeweils mit einer ausführlichen Beschreibung der Ersatzstoffprüfung zu versehen. Aufgrund der unterschiedlichen Sicherheitsstandards zwischen der DGUV-Information 213-098 und der RiSU ist es ratsam, diese Möglichkeit auszuschöpfen und die Ersatzstoff- und Verfahrensprüfungen für alle Benutzer der Versuchsvorschrift nachvollziehbar genau zu dokumentieren.

## 1.2.1 Die virtuelle Schule-Versuchsvorschriften teilen

Da die DEGINTU-Datenbank nur die Freigabe von Versuchsvorschriften innerhalb der eigenen Schule ermöglicht, ist es sinnvoll neben der eigenen, eine virtuelle Schule in der DEGINTU-Datenbank anzulegen. Für diese „virtuelle Schulen“ sind keine Fachräume zu definieren und kein Gefahrstoffverzeichnis anzulegen, den zur finalen Nutzung der hier zur Verfügung gestellten Versuchsvorschriften sind diese zunächst mit dem Konto der eigenen (realen) Schule zu teilen. Erst danach können diese für eine Gefährdungsbeurteilung genutzt werden. Diese Vorgehensweise hat somit den Vorteil, dass mit dem Teilen der Versuchsvorschrift keine schulinternen sensiblen Daten die im DEGINTU-Konto der eigenen realen Schule angelegt sind wie z.B. die Adressen des Fachkollegium oder die Zusammensetzung und die Mengen der schulischen Gefahrstoffbestände extern zugänglich gemacht werden.

## 1.2.2 Die virtuelle Schule – die geschlossene Form

Mit dem Anlegen eines externen Fachkollegen als Benutzers der virtuellen Schule wird an die hierbei angegebene e.mail-Adresse ein Einladungslink verschickt. Dies funktioniert aber nur, wenn diese e.mail-Adresse nicht bereits in DEGINTU für ein anderes Benutzerkonto verwendet wird, jede e.mail-Adresse darf hierfür nur einmal verwendet werden. Erst nach der erfolgreichen Zustellung des Einladungslinks und deren Bestätigung hat der angelegte Benutzer das Recht alle im Konto der virtuellen Schule hinterlegten Versuchsvorschriften zu öffnen, zu verändern oder mit einem weiteren DEGINTU-Konto zu teilen. Personen, die selbst nicht als Benutzer angelegt sind bzw. über keine Zugangsdaten eines Benutzers verfügen, haben keine Möglichkeit die in der virtuellen Schule hinterlegten Versuchsvorschriften zu sehen. Die virtuelle Schule ist somit für die Öffentlichkeit geschlossen.

## 1.2.3 Die virtuelle Schule – die offene Form

Werden für die Schule statt eines real existierenden externen Fachkollegen ein virtueller Benutzer, ein Lehrkraft-Avatar als ein Benutzer angelegt und bestätigt, kann nach der Veröffentlichung von dessen Zugangsdaten weltweit jeder anhand dieser Zugangsdaten sich im Konto der virtuellen Schule anmelden und die dort hinterlegten Versuchsvorschriften öffnen, verändern oder mit einem weiteren DEGINTU-Konto zu teilen. Die virtuelle Schule ist auf diesem Weg dann für alle offen [17].

## 1.3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Digitalisierung von Versuchsvorschriften schafft die Voraussetzung diese in einem gemeinsamen Netzwerk aus der Ferne

fortzuentwickeln und zu verbessern, sie über eine Datenbank zu aktualisieren und weltweit kostenlos elektronisch zu verbreiten. Hiermit wird eine wesentliche Voraussetzung geschaffen, den experimentellen Chemieunterricht zeitgemäß zu erhalten. Die Datenbank DEGINTU kann mit Hilfe einer virtuellen Schule hierfür ertüchtigt werden. Damit kann dem experimentellen Wildwuchs, der sich aus der massiven Verbreitung nicht qualitätsgesicherter Versuchsanleitungen über die sozialen Medien wie Instagram und Youtube aufbaut, mit einem qualitätsgesicherten Medium entgegengewirkt werden.

Bisher gibt es keine Möglichkeit, die über eine virtuelle Schule zugänglichen Versuchsvorschriften, dort vor Änderungen durch die Benutzer zu schützen. Es wäre deshalb vorteilhaft, wenn DEGINTU zukünftig es auch erlauben würde Versuchsvorschriften lediglich in einem sogenannten Kioskmodus anzulegen, so dass diese dann von den Benutzern zwar für ihren Unterricht genutzt und auch mit Dritten geteilt werden, jedoch vor Veränderungen geschützt sind.

## 2. Referenzen

- [1] J. Friedrich, A. Geuther, W. Habeltz-Tkotch, H. Klemeyer, H. Nickel, W. Proske, U. Pfangert-Becker, M. Rossow (2023): Lehrerbildung: Experimentieren können, NCh, 71-2, 120-24
- [2] T. Brock/DGUV Sachgebiet Laboratorien (2023): <https://degintu.dguv.de/media/AnleitungDEGINTU20230406.pdf> (10.2023)
- [3] Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung: Chemie? - Aber sicher! Experimente kennen und können, 5. Auflage, 2021, Dillingen, Nr. 475.
- [4] T. Brock/DGUV Sachgebiet Gefahrstoffe (2018): DGUV-Information 213-098, [https://degintu.dguv.de/media/DEGINTU\\_Stoffliste\\_113-018.pdf](https://degintu.dguv.de/media/DEGINTU_Stoffliste_113-018.pdf) (10.2023)
- [5] T. Smola/DGUV Institut für Arbeitsschutz, Das GHS-Spaltenmodell (2020): <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3736> (10.2023)
- [6] H. Klemeyer/S. Blumentritt (2023): [https://www.blume-im-inter.net/media/80/1d/7a/1683717059/9783942530374\\_GHS\\_Poster\\_DINA1\\_2022.jpg](https://www.blume-im-inter.net/media/80/1d/7a/1683717059/9783942530374_GHS_Poster_DINA1_2022.jpg) (10.2023)
- [7] H. Klemeyer (2023): Sicheres Experimentieren - Experimente mit ätzenden Stoffen und Gemischen, CHEMKON, Early View; DOI: 10.1002/ckon.202300001
- [8] RiSU (2019): [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1994/1994\\_09\\_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf) (10.2023)
- [9] H. Klemeyer, W. Proske, K. Ruppersberg, M. Schwab (2020): Sicheres Experimentieren – die Ersatzstoff- und Ersatzverfahrensprüfung am Beispiel von tradierten Lösungsmitteln: Instrumente für die Anpassung tradierter Schulversuche an den Unterricht, CHEMKON, 29-1, 6-12
- [10] T. Köhler/DGUV Spitzenverband (2018): BK 1317, Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3463> (10.2023)
- [11] Technische Regel Gefahrstoffe (2023): <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/pdf/TRGS-900.pdf> (10.2023)
- [12] Versuchs.-Nr. 2295 (2022): <https://degintu.dguv.de/experiments/303> (10.2023)
- [13] I. Bertsche (2017): Königsblau statt krebserregend, Ein neues Reagenz zum Nachweis von Aldehyden, CHEMKON 24-2, 73-76
- [14] H. Klemeyer (2022): Riskobewertung: sortieren, vergleichen, gruppieren, NCh, 70,6, 35-37
- [15] H. Klemeyer (2023): Sicheres Experimentieren – zwei Umsetzungshilfen: Experimentalunterricht, CHEMKON, Early View, DOI: 10.1002/ciuz.202100055
- [16] H. Klemeyer (2020): Sicheres Experimentieren – die Ersatzstoff- und Ersatzverfahrensprüfung, Robuste Schulversuche für den eigenen Unterricht; CHEMKON, 28-1, 17-21
- [17] H. Klemeyer, Homepage (2023): <http://degintu.klemeyer.net/dice.pdf> (10.2023)