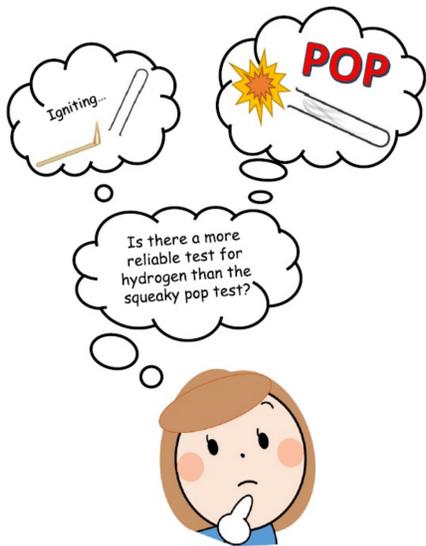


Rethinking the squeaky pop test - ein neuartiger Wasserstoffnachweis für den Chemieunterricht

Marco Reinmold, Arnim Lühken

Einleitung



Die **Knallgasprobe** wird als prominente, da effektvolle und einfach durchführbare **Nachweisreaktion** in der experimentellen Schulchemie eingesetzt. Sie soll dabei dem Nachweis von Wasserstoff in der Mischung mit Luft bzw. Sauerstoff, wie er häufig in Schulversuchen auftritt, dienen. Die Beliebtheit von Knallgas und der Knallgasreaktion spiegelt sich auch in einer Vielzahl von Abwandlungen und Weiterentwicklungen der Knallgasprobe in der Experimentalchemie wider [1][2][3]. Eigentlich dient die Knallgasprobe jedoch der Kontrolle, ob eine Apparatur beim Arbeiten unter Wasserstoffatmosphäre luftfrei ist und sich in ihr kein explosionsfähiges Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff befindet [4].

Obwohl die Knallgasprobe häufig in der Schulbuchliteratur oder in online Hilfs- und Lehrmaterialien als **Wasserstoffnachweis** genannt wird [5][6][7], handelt es sich nicht um einen spezifischen Nach-

weis von Wasserstoff, sondern lediglich um den Nachweis eines explosionsfähigen Gasgemisches bei dessen Reaktion Wasser entsteht. Diese Beobachtungen können ebenso bei Kohlenwasserstoffen gemacht werden. Ein prominentes, klassisches Experiment hierzu ist unter dem Titel „Schlagende Wetter“ bekannt [8]. Die Beispiele zeigen, dass die angeführten Beobachtungen nicht ausreichen, um bei der Knallgasprobe von einem **spezifischen Wasserstoffnachweis** sprechen zu können.



Die Knallgasprobe ist somit kein eindeutiger und spezifischer Nachweis von Wasserstoff.

Erarbeitung

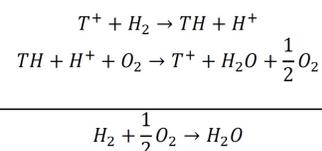
Auf Basis historischer und aktueller Forschungen zur **heterogen-katalytischen Hydrierung** wurde ein **Katalysatorsystem** entwickelt, das gekoppelt mit einem Redoxindikator einen eindeutigen, spezifischen und reversibel einsetzbaren Wasserstoffnachweis für den Schulunterricht darstellt, der **HeCHT** (**H**eterogene **C**atalyzed **H**ydrogen **T**est“).

Das Katalysatorsystem besteht aus Zinkoxid (oxidischer Träger), dessen Oberfläche mit Palladium besetzt wird. Dabei werden Palladium-Ionen auf der mit $\text{Na}_2[\text{PdCl}_4]$ imprägnierten Oberfläche des Zinkoxids mit Wasserstoff zu elementarem Palladium reduziert.

Das **Pd-ZnO-Katalysatorsystem** spaltet Wasserstoff homolytisch und reduziert Redoxfarbstoffe der Gruppe der Phenothiazine (hier Thionin-Acetat) in ihre Leukoform. Die Farbstoffe entfärben sich - der Wasserstoffnachweis wird erbracht.

Durch den Aufbau von "Strong Metal-support Interaction" zwischen der Zinkoxid-Oberfläche und dem elementaren Palladium gelingt auch die Rückoxidation in kürzester Zeit.

Ein Zyklus (Abb.1) aus Reduktion und Oxidation des Thionin-Acetat (T^+) entspricht formal einer katalysierten Wassersynthese:



Reduktion (H_2) und Oxidation (O_2) sind reversibel. Die Indikatorlösung kann mehrfach benutzt werden. Ebenso können Strukturanaloga der Phenothiazine, die Pheoxazine und Phenazine, sowie weitere Redoxfarbstoffe zur Indikation mit unterschiedlichen Farbspielen eingesetzt werden.



Ergebnisse

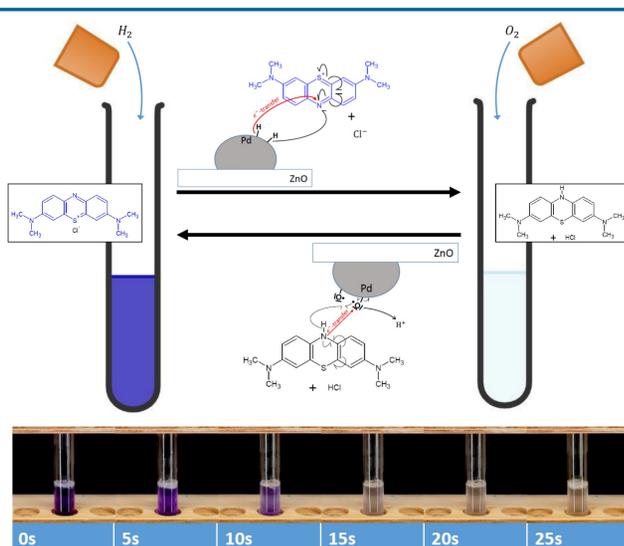


Abb.1:
Reversible Reduktion von Thioninacetat (T^+) zum Leukofarbstoff (TH) durch Wasserstoff und Rückoxidation in Gegenwart von Sauerstoff

Abb.2:
Zeitraffer der Entfärbung des Farbstoffs Thioninacetat unter Wasserstoffatmosphäre

Fazit

Die hier vorgestellten Pd-ZnO-Partikel ermöglichen die Hydrierung sowie Rückoxidation organischer Stoffe bei **Raumtemperatur** und unter **Atmosphärendruck** in kürzester Zeit (Abb. 2). Die Indikatorlösung ermöglicht einen qualitativen, eindeutigen Wasserstoffnachweis, der in der Herstellung und Handhabung **sicher** und **einfach durchzuführen** ist.

Das Katalysatorsystem und dessen Eigenschaften zur reversiblen Hydrierung bilden die Grundlagen zur **Neukonzeption** einer Vielzahl von Unterrichtsversuchen ("blue bottle", Ampelreaktion, Entfärbung von Strukturanaloga der Phenothiazine).

Der vorgestellte Versuch beweist in aller Deutlichkeit die Wichtigkeit der Implementierung neuester Forschungsergebnisse in den Chemieunterricht. Das Resultat ist eine **Vereinfachung** von Schulversuchen sowie ein **Überdenken** klassischer Sichtweisen.

Kontakt



Quellen

- [1] Sieve, B. Experimente im Chemieunterricht Band 1; Springer Verlag GmbH: Berlin, Germany, **2022**; 269-281
- [2] Kreißl, F. R.; Krätz, O. Feuer und Flamme, Schall und Rauch; WILEY—VCH Verlag GmbH: Weinheim, Germany, **1999**; 156-159, 163-165
- [3] Roesky, H. W.; Möckel, K. Chemische Kabinettstücke; VCH Verlagsgesellschaft mbH: Weinheim, Germany, **1994**; 256-257
- [4] Holleman, A. F.; Wiberg, N.; Wiberg, E. Anorganische Chemie Grundlagen und Hauptgruppenelemente, 103. ed.; Walter de Gruyter: Berlin/Boston, Germany, **2017**; 291-292
- [5] Housecroft, C. & Sharpe, A. G. Inorganic Chemistry, 4th ed.; Pearson: Harlow, England, **2012**; 307-308
- [6] Knallgasprobe Chemie digital. <http://chemie-digital.zum.de/wiki/Knallgasprobe> (letzter Zugriff: April 2023)
- [7] Wohlmuth, M. Chemie begreifen: Denkfiguren, Lernzyklen, Stundenbilder; Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG.: Wien, Austria, **2015**; 72
- [8] Stapf, H. Chemische Schulversuche. Eine Anleitung für den Lehrer. TEIL 3: Organische Chemie; Volk und Wissen Verlag: Berlin, Germany, **1974**; 32-33