

# Versuchsprotokoll: Pharaoschlange

## Zeitaufwand:


Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 15 Minuten

Abbau/Entsorgung: 5 Minuten

## Chemikalien:

Zur Herstellung des Sand-Zigarettenasche-Gemisches wird der Sand mit der Asche im Verhältnis 1:1 gemischt.

Chemikalie	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbol	Schul-einsatz
Ethanol C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	10 mL	11	7-16		SI + SII
Emser Pastillen (mit und ohne Zucker)	Je 2-4	-	-	-	SI + SII
Zigarettenasche		-	-	-	SI + SII
Sand		-	-	-	SI + SII

1 Tablette Emser Pastillen **mit Zucker** enthält:

126 mg natürliches Emser Salz (Hauptbestandteile: Natrium- Chlorid- und **Hydrogencarbonat-Ionen**), **Saccharose**, sprühgetrocknetes arabisches Gummi, Stearinsäure, Traganat, Calciumstearat, Vanillearoma.

1 Tablette Emser Pastillen **ohne Zucker** enthält:

126 mg natürliches Emser Salz (Hauptbestandteile Natrium- Chlorid- und **Hydrogencarbonat-Ionen**), **Isomalt**, **Aspartam**, Calciumstearat, Pfefferminzaroma.

**Materialien:**

- Porzellanschalen (2x)
- Feuerzeug
- Messpipette

**Versuchsaufbau:**

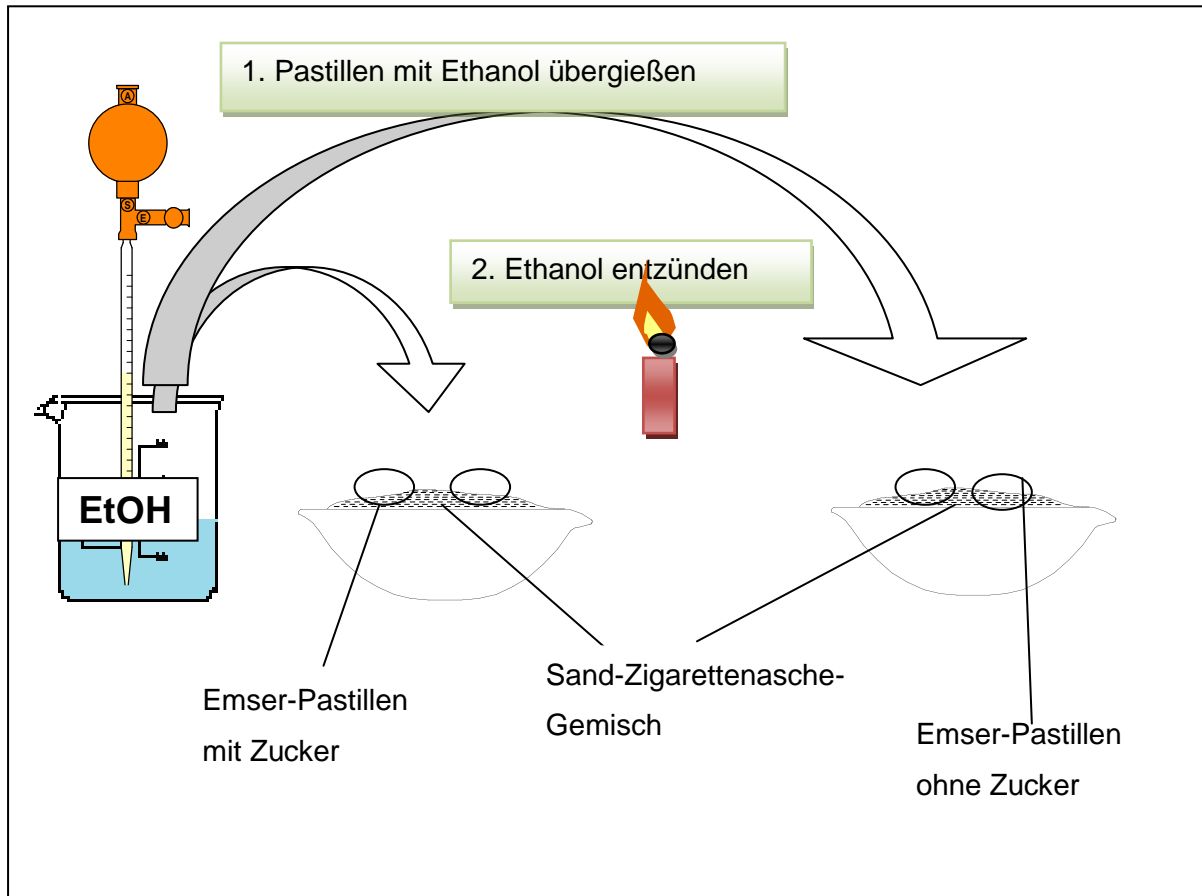


Abb.1 Versuchsaufbau

**Durchführung:**

1. Das Sand-Zigarettenasche-Gemisch wird in zwei Porzellanschalen gefüllt.
2. In eine der beiden Porzellanschalen werden Pastillen mit, in die andere Schale Pastillen ohne Zucker gesteckt.
3. Die Pastillen werden nun mit Ethanol übergossen (pro Pastille etwa 1 mL), und angezündet.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Werden die Pastillen einen Tag vorher in Ethanol eingelegt, so ist ein besserer Effekt zu beobachten.

**Beobachtung:**



**Abb.2 Versuchsbeobachtung**

Nach der Entzündung brennt der Ethanol auf und neben den Pastillen. Nach kurzer Zeit verfärben sich die Pastillen mit Zucker schwarz und wachsen schlangenartig über den Rand der Porzellanschale hinaus.

Die Pastillen ohne Zucker färben sich zwar auch schwarz, jedoch bleibt ein Wachstum der Pastillen aus.

**Entsorgung:**

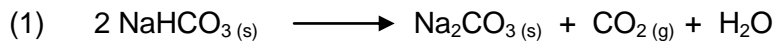
Die Kohlenstoffschlangen können nach dem Abkühlen in den Hausmüll entsorgt werden.

**Auswertung:**

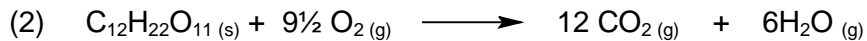
1. Erläuterung des Versuchs:

Wie an der Zusammensetzung (s. oben) zu erkennen, bestehen die Emser Pastillen mit Zucker eben auch zu einem großen Teil aus Zucker und des Weiteren aus Hydrogencarbonat (wahrscheinlich Natriumhydrogencarbonat).

Natriumhydrogencarbonat ist ein Salz, das auch in Backpulver enthalten ist und dafür sorgt, dass die Gebäcke aufgehen und locker werden. Diese Eigenschaft liegt darin begründet, dass dieses Salz bei Temperaturen über 65 °C zerfällt, wobei unter anderem das Gas Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird:<sup>2</sup>



Diese Reaktion läuft auch beim Entzünden des Ethanols auf und neben den Emser Pastillen ab. Des Weiteren wird auch der in der Pastille enthaltene Zucker erhitzt. Dieser Zucker kann aber aufgrund des in Reaktion (1) entstandenen Kohlenstoffdioxids nur zu geringen Teilen verbrennen (2), so dass ein Großteil des Zuckers aufgrund des Sauerstoffmangels verkohlt (3):



Der bei der Verkohlung entstandene Kohlenstoff wurde durch das entstandene Kohlenstoffdioxid (1) aufgebläht, wodurch die sogenannten Pharaoschlangen entstehen.

Ähnlich wie beim Backen hat das Natriumcarbonat bei seiner Zersetzung dafür gesorgt, dass die Schlangen aufgehen und luftig und locker werden. Die schwarzen Pharaoschlangen sind nach dem Auskühlen leicht und in ihrer Form trotzdem stabil. In den Tabletten ohne Zucker kann kein Zucker verkohlen, weshalb auch keine „Schlangen“ aus Kohlenstoff entstehen.

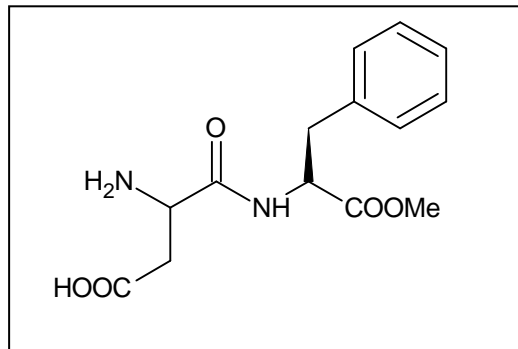
---

<sup>2</sup> Riedel, E. (2007), S. 624

## 2. Hintergrundwissen Süßstoffe und Zuckeraustauschstoffe

In den Emser Pastillen ohne Zucker ist zwar auch Natriumhydrogencarbonat enthalten, jedoch sind anstatt Zucker in diesen Pastillen der Zuckeraustauschstoff Isomalt und der Süßstoff Aspartam enthalten.

Die Hauptsüße in diesen Pastillen kommt durch das Aspartam. Dieser Süßstoff ist ein Dipeptid mit dem chemischen Namen L-Asparagy-L-Phenylalaninmethylester (*Abb.3*).



**Abb.3 Aspartam**

Aspartam hat einen Energiegehalt von 17 kJ/mol, aber gegenüber der Saccharose eine 150- bis 220-fache Süßkraft, weshalb Aspartam als Energieträger kaum eine Rolle spielt.<sup>3</sup> Eingesetzt wird Aspartam vor allem in der Lebensmittelindustrie zur Herstellung von sogenannten „Light-Produkten“, oder zur Herstellung von Diabetiker-Erzeugnissen.

Das Problem beim Süßen mit synthetischen Süßstoffen wie Aspartam ist, dass sie ganz andere physikalischen Eigenschaften haben als Zucker (z.B. Saccharose). Aus diesem Grund werden weitere Stoffe zugesetzt, um charakteristische Zuckereigenschaften zu erhalten, die sogenannten Zuckeraustauschstoffe.<sup>4</sup> „Bei Zuckeraustauschstoffen handelt es sich um Kohlenhydrate und deren Derivate, die süß schmecken, Körper geben, für Diabetiker geeignet sind und häufig einen geringeren Brennwert besitzen“<sup>5</sup>. So liegt der Brennwert der Zuckeraustauschstoffe bei ca. 8-12 kJ/mol, während Saccharose einen Brennwert von ~ 17kJ/mol hat. Die Süßkraft solcher Zuckeraustauschstoffe ist jedoch geringer als die der Zucker und liegt bei etwa 35-60 % der Saccharose.

Beim Zuckeraustauschstoff Isomalt handelt es sich um ein äquimolares Gemisch aus den beiden stereoisomeren Polyolen  $\alpha$ -D-Glucopyranosido-1,1-mannit und  $\beta$ -D-Glucopyranosido-1,6-sorbit (*Abb.4*). Überraschenderweise wird dieser Zuckeraustauschstoff aus Zucker (Saccharose) gewonnen. Dabei wird in einem zweistufigen Prozess zunächst mit Hilfe von Enzy-

<sup>3</sup> RÖMPP online, Stichwort „Aspartam“ (letzter Zugriff: 03.04.2010)

<sup>4</sup> Vollhardt, K.P.C. & Schore, N.E. (2005), S.1291

<sup>5</sup> Pfeifer, P. & Sommer, K. (2001), S.13

men die Saccharose in Isomaltulose umgewandelt. In dieser Reaktion entsteht aus der (1,2)-Bindung des nicht-reduzierenden Disaccharids Saccharose durch eine Umlagerung das reduzierende Disaccharid Isomaltulose mit einer (1,6)-Disaccharid-Bindung. Im zweiten Schritt wird diese Isomaltulose in wässriger, neutraler Lösung an einem Raney-Nickel-Katalysator hydriert, wobei Isomalt entsteht (Abb.4).

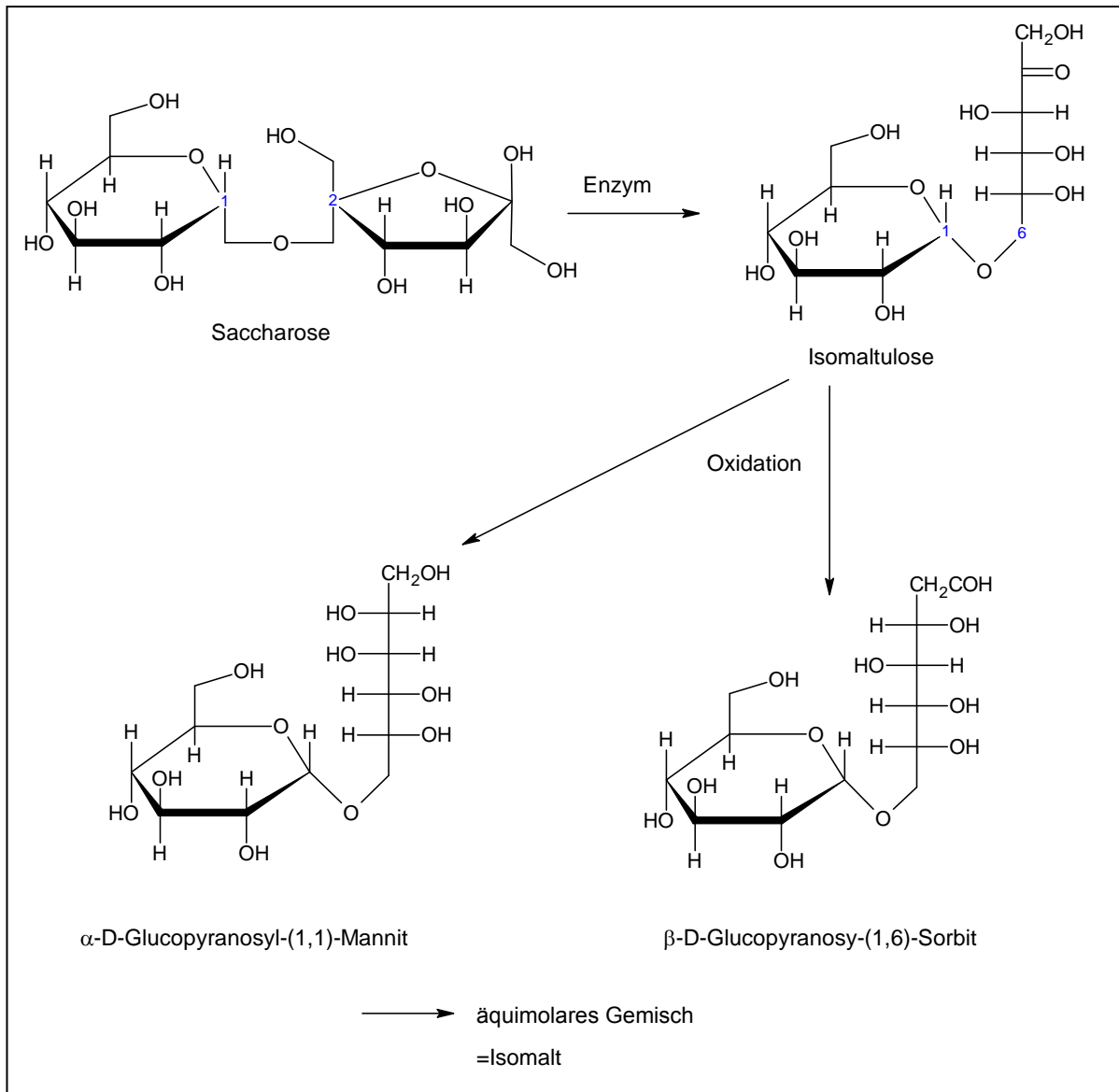


Abb.4 Herstellung von Isomalt

Isomalt kann anstelle von Saccharose oder anderen Zuckeraustauschstoffen in nahezu allen Lebensmitteln mit süßem Geschmack verwendet werden. Dabei kann Isomalt weitgehend Insulin-unabhängig metabolisiert werden, weshalb dieser Zuckeraustauschstoff auch für Diabetiker geeignet ist.

Die Frage ist nun, warum dieser Zuckeraustauschstoff in diesem Versuch nicht ebenso verkohlt wie die Saccharose. Am wahrscheinlichsten ist, dass in den verwendeten Tabletten ohne Zucker nicht ausreichend Isomalt zur Ausbildung der „Schlangen“ vorhanden ist. Die Süße der Tabletten kommt vom Süßstoff Aspartam und Isomalt wird nur so viel hinzugegeben, bis die Tablette die gewünschte Struktur hat.

**Didaktische Betrachtung:**

***Einordnung in den Lehrplan:***

Im Lehrplan ist dieser Versuch in der Qualifikationsphase im Bereich „Kohlenstoffchemie II: Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ einzuordnen. In diesem Bereich ist das Thema Kohlenhydrate ein genannter Schwerpunkt. Unter anderem soll auch auf Nachweisreaktionen der Kohlenhydrate eingegangen werden. Weitere Unterrichtsinhalte zum Thema Kohlenhydrate sind Zucker als Energiespeicher und Gerüstsubstanz, was auch durch diesen Versuch angeschnitten wird.

***Einordnen des Versuchs:***

Dieser Versuch hat einen geringen apparativen Aufwand, die eingesetzten Chemikalien dürfen laut „HessGiss“-Datenbank uneingeschränkt von Schülern der Sekundarstufe SI und SII verwendet werden. Aus diesem Grund eignet sich dieser Versuch sowohl als Schülerversuch als auch als Lehrerdemonstration. Bis auf die Emser Pastillen und die Zigarettenasche sollten alle Chemikalien an der Schule vorhanden sein. Die Pastillen müssten durch die Lehrkraft in der Drogerie besorgt und auch die Zigarettenasche muss vor dem Versuch gesammelt werden.

Dieser Versuch wird mit einem „Lebens-/Arzneimittel“ durchgeführt, das bestimmt einigen Schülern bekannt ist und der Effekt dieses Versuchs ist schön anzusehen, weshalb die Schüler wohl gut für den Versuch zu begeistern sind. Durch diesen Versuch könnte in das Thema Kohlenhydrate eingeführt werden, in dem man auf den enthaltenen Kohlenstoff in der „Pharaoschlange“ eingeht und nun mit weiteren Versuchen die Zusammensetzung und Struktur der Kohlenhydrate erschließt.<sup>6</sup> Des Weiteren könnte man mit diesem Versuch das Thema Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe behandeln, da bei den Schülern auch die Frage auftauchen könnte, welcher Stoff in den Pastillen ohne Zucker für die Süße verantwortlich ist.

---

<sup>6</sup> Siehe weitere Versuchsprotokolle

**Literaturangaben:**

Riedel E. & Janiak C. (2007). *Anorganische Chemie (7. Auflage)*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.

Vollhardt, K.P.C. & Schore, N.E. (2005). *Organische Chemie (4. Auflage)*. Weinheim: Wiley-VCH GmbH & Co KGaA.

Pfeifer, P. & Sommer K. (Hrsg.). (2001). *Kohlenhydrate [Themenheft]. Naturwissenschaften im Unterricht, 12 (2)*

Elektronische Quellen:

„HessGISS“-Gefahrstoff-Informationssystem 2008/2009, Version 13.0

„RÖMPP Online“, Version 3.2, verfügbar unter <http://www.roempp.com/prod/index1.html> (lizenzpflichtig, zuletzt abgerufen am 14.03.2010)

**Abbildungsverzeichnis:**

Alle Abbildungen wurden selbst angefertigt.