

Künstliches Vanillin oder natürliche Vanille?

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Inhalt

1. Fachlicher Hintergrund	1
2. Voraussetzungen der Lerngruppe	1
3. Integration in laufenden Unterricht	2
3.1. Anknüpfungspunkte an bildungsplanrelevante Themen	2
3.2. Vorschlag zur Gestaltung des Unterrichts	2
4. Die Materialien	3
4.1. Allgemeines	3
4.2. Einblick in die Materialien	4

1. Fachlicher Hintergrund

Vanille ist das weltweit am häufigsten verwendete Aroma. Schon vor 500 Jahren war es sehr geschätzt, aber auch sehr teuer. Vanille ist eine Pflanze aus der Familie der Orchideen, die sehr hohe Ansprüche an ihre Umgebung stellt und dementsprechend nur in wenigen Regionen der Erde wächst (u. a. in Madagaskar und Mexiko). Vanilleschoten enthalten 1,5 – 3 % Vanillin (vgl. Abb. 1). Vanillin ist der Stoff, der das Vanillearoma ausmacht. Es war ein bedeutender Erfolg, als es Chemikern im 19. Jahrhundert gelang, zunächst die Struktur des Vanillins aufzuklären und diese dann chemisch zu synthetisieren.

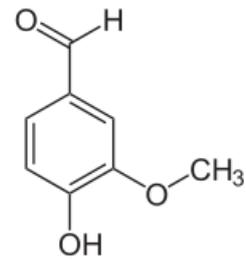


Abb. 3: Vanillin-Molekül (4-Hydroxy-3-Methoxy-Benzaldehyd)

Bis heute ist es allerdings nicht möglich, das angenehm süße Aroma der natürlichen Vanilleschote zu imitieren. Neben Vanillin bestimmen diverse Fette, Wasser, Vanillinsäure, 4-Hydroxybenzoesäure, 4-Hydroxybenzaldehyd und etwa 130 weitere Komponenten das Aromaprofil der Schote. Das einzigartige Aroma, die weiten Transportwege, die geringe Verfügbarkeit, der aufwendige Herstellungsprozess sowie die große Beliebtheit führen zu einem hohen Marktpreis. 80 €/kg für Vanilleschoten stehen lediglich einem Handelspreis von 10 €/kg für synthetisches Vanillin gegenüber. Trotz des hohen Preises für natürliches Vanillin werden jährlich etwa 2.000 t produziert. Um den Bedarf zu decken werden außerdem 13.000 t künstliches Vanillin produziert. Neben dem hohen Preis von natürlichem Vanillin führt die hohe Beliebtheit auch zu der Anlegung von Monokulturen in den Erzeugerstaaten. Diese Anbauform führt zwar anfänglich zu hohen Erträgen, allerdings kommt es durch diese Art der Bebauung auch zu einem einseitigen Nährstoffabbau der Böden und einer verringerten Widerstandsfähigkeit für Krankheiten und Ungeziefer. Der Einsatz von Düngemittel und Pestiziden wird dadurch unumgänglich. Insgesamt genügt diese Art der Vanille-Produktion damit nicht mehr den Grundsätzen der Nachhaltigkeit.

2. Voraussetzungen der Lerngruppe

Damit die Lernenden dieses Unterrichtsmodul erfolgreich absolvieren können, sind gewisse Vorkenntnisse unabdingbar. Diese sollen im Folgenden aufgeführt werden.

Die Schülerinnen und Schüler müssen ...

- mit dem Begriff der chemischen Reaktion vertraut sein und organische Moleküle als zwei- oder mehratomige Teilchen verstehen, um den Herstellungsprozess von Vanillin zu verstehen,
- den Begriff der Extraktion kennen,
- Katalysatoren als Stoffe kennen, die eine chemische Reaktion beeinflussen können,
- das Säure-Base-Prinzip nach Brönsted kennen,
- Oxidationen und Reduktionen als Elektronenübertragungsreaktionen kennen.
- die Reaktionsmechanismen der Dehydratisierung, Hydrolyse und Esterbildung kennen und verstehen,
- die funktionellen Gruppen der Aldehyde, Carbonsäuren und Alkohole kennen,
- eine Dünnschichtchromatographie schon als analytische Methode durchgeführt haben und
- die Skelettformel für organische Moleküle kennen.

3. Integration in den laufenden Unterricht

3.1. Anknüpfungspunkte an bildungsplanrelevante Themen

Die Thematisierung des Nachhaltigkeitsaspektes mit Blick auf die wesentlichen globalen und regionalen Herausforderungen unserer Zeit wird immer wichtiger – auch im Chemie- und NW-Unterricht. Mit einer Einbettung dieses komplexen Themengebietes in den Vanillin-Kontext können neben einer Behandlung des Nachhaltigkeitsaspektes noch weitere Bildungsplanrelevante Inhalte angeschnitten werden:

Das Themengebiet Aromastoffe gestattet einen direkten Anknüpfungspunkt an diese Thematik. Durch die mehrstufige Synthese von Vanillin können verschiedene Reaktionsmechanismen in Form der basisch katalysierten Acetylierung, der oxidativen Spaltung und der säurekatalysierten Hydrolyse durchgeführt werden. Auch die praktische Anwendung von analytischen Arbeitsweisen der Chemie wird durch ebendiese Thematik möglich. So kann das Ergebnis der Synthese mittels einer Dünnschichtchromatographie überprüft werden. Der chemische Unterschied zwischen künstlichem Vanillin und natürlichem Vanillearoma kann ebenfalls durch eine Dünnschichtchromatographie ermittelt werden. Vanillin verfügt über unterschiedliche funktionelle Gruppen. Das Phenolgerüst sowie die Aldehyd-Gruppe können mit Hilfe geeigneter Nachweisreaktionen identifiziert werden. Dadurch wird eine experimentelle Strukturaufklärung möglich.

Im Schülerlabor FreiEx bietet sich den Schülerinnen und Schülern an dieser Stelle die Möglichkeit, mit der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) eine weitverbreitete analytische Arbeitsweise der Chemie kennenzulernen.

3.2. Vorschlag zur Gestaltung des Unterrichts

Dieses Angebot umfasst insgesamt sechs Experimente. Die Durchführung aller Versuche würde mehr als einen Schultag in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund sollen in diesem Abschnitt Anregungen gegeben werden, wie die Materialien und Experimente zu einer vollständigen Unterrichtseinheit miteinander kombiniert werden können. Die Vorschläge, die in diesem Abschnitt getätigt werden, sind keinesfalls bindend, können selbstverständlich umgewandelt werden.

Gestaltungsvorschlag: Natürliche Vanille oder künstliches Vanillin aus Nelkenöl

Vorbereitung auf den experimentellen Teil: Vorbereitend zum experimentellen Teil soll den Schülerinnen und Schülern die gesellschaftliche Relevanz der Thematik aufgezeigt werden. Dazu steht ein Arbeitsblatt bereit (vgl. 4.2.).

Experimenteller Teil im Schülerlabor: Im praktischen Teil stellen die Schülerinnen und Schüler in einer vierstufigen Synthese Vanillin her. Das Edukt dieser Synthese ist Isoeugenol, ein Stoff, der aus Eugenol gewonnen wird. Eugenol kommt in Nelkenöl vor. Neben diesem Kernexperiment stehen zwei weitere Experimente bereit: Das Experiment „Extraktion des Vanillearomas“ (vgl. 4.2.) dient der Unterscheidung von künstlichem Vanillin und natürlichem Vanille-Aroma, während in einem weiteren Experiment verschiedene Lebensmittel auf ihre Inhaltsstoffe hin analysiert werden. Geruchsproben, Dünnschichtchromatographie oder Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) werden an dieser Stelle als Analysemethoden angewandt.

Reflexion des experimentellen Teils: Nach dem experimentellen Teil sollen die Lernenden den Produktionsprozess des künstlichen Vanillins unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bewerten. Entsprechende Arbeitsblätter werden zur Verfügung gestellt.

4. Die Materialien

4.1. Allgemeines

Dieses Angebot umfasst sechs Experimente, die die Gewinnung und Analyse von Vanille und Vanillin thematisieren:

- Synthese von Vanillin auf Basis von Isoeugenol
- Synthese von Vanillin auf Basis von Lignin
- Extraktion des Vanille-Aromas
- Vanillin und Vanille in verschiedenen Lebensmitteln
- Strukturaufklärung von Vanillin
- Struktur-Eigenschaftsbeziehung bei aromatischen Duftstoffen

Diese Experimente können sowohl in den Schülerlaboren in Bremen und Saarbrücken als auch – bei entsprechender Ausstattung – in der Schule durchgeführt werden. Neben den Experimenten und deren Versuchsvorschriften enthält das Angebot auch kopierfertige Arbeitsblätter für die Vor- und Nachbereitung der praktischen Experimentierphase.

Im folgenden Abschnitt werden beispielhaft ein Arbeitsblatt sowie eine Versuchsvorschrift dargestellt. Bei Interesse ist eine Handreichung zur Thematik verfügbar. Diese enthält neben allen kopierfertigen Materialien auch umfangreiche Hintergrundinformationen und weitere Vorschläge zur Einbindung der Experimente in den laufenden Unterricht.

4.2. Einblick in die Materialien

Vanillin – ein begehrtes Aroma

Vanille ist weltweit der am häufigsten eingesetzte Aromastoff, und ist unter anderem in Pudding, Speiseeis, Coca Cola, Arzneimitteln, Tabakwaren und Parfüms enthalten.

Vanille ist eine Pflanze aus der Familie der Orchideen, die dunkle, ledrige Früchte bilden (die Vanilleschoten). Im 16. Jahrhundert gelangte die Vanilleschote von Südamerika nach Europa, wo sich die Schote aufgrund ihres Geruches und ihres Geschmackes schnell großer Beliebtheit erfreute. Vanilleschoten enthalten 1,5 – 3 % Vanillin. Vanillin ist der Stoff, der das Aroma der Vanilleschote ausmacht. Die Vanillepflanze stellt allerdings hohe Ansprüche an ihre Umgebung und wächst nur in wenigen Regionen der Erde (u.a. Madagaskar und Mexiko). Aufgrund der hohen Nachfrage und der geringen Verfügbarkeit sind Vanilleschoten seit jeher sehr teuer.



Abb.: Links: Setzling einer Vanillepflanze
Rechts: Vanilleschoten

Es war ein bahnbrechender Erfolg für die Wissenschaft, als es gelang, die Struktur des Vanillins aufzuklären und letztendlich auch zu synthetisieren. 1865 wurde zufällig bei Experimenten mit dem Rindensaft von Nadelhölzern ein Vanille-Geruch festgestellt. Ausgehend von dieser Erkenntnis gelang es den Chemikern Wilhelm Haarmann und Ferdinand Tiemann 9 Jahre später erstmals Vanillin auf der Grundlage von Coniferin, das im Rindensaft von Nadelhölzern vorkommt, zu synthetisieren. In Holzminden gründete Wilhelm Haarmann anschließend die Firma *Haarmann & Reimer*, das weltweit erste Unternehmen der Duft- und Geschmackstoffindustrie. Künstlich hergestelltes Vanillin konnte wesentlich günstiger verkauft werden, als vergleichbare Mengen Vanillin aus Vanilleschoten. Die großen Preisunterschiede

boten dem künstlichen Vanillin trotz der herrschenden Vorbehalte der Gesellschaft gegenüber synthetischen Produkten einen stetig wachsenden Markt.

Auf dieser Grundlage wurden in den folgenden Jahren und Jahrzehnten weitere Synthesemöglichkeiten für künstliches Vanillin entwickelt. Heute wird Vanillin aus pflanzlichem Lignin, Nelkenöl, oder Buchenholzteer hergestellt. Vanillin kann aber auch vollsynthetisch ohne den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, wobei Ausgangsstoffe verwendet werden, die aus Erdöl oder Steinkohleteer gewonnen werden.

Durch die Verbesserung der Synthese-Verfahren konnte der Preis für Vanillin weiter gesenkt werden, sodass natürliches Vanillin heute etwa 50 bis 200-mal mehr kostet als künstlich hergestelltes. Das Vanillearoma zählt heute zu den beliebtesten Aromastoffen überhaupt. Der Bedarf an Vanillin liegt heute bei etwa 15.000 t pro Jahr. Vor allem bei der Verfeinerung von Süßspeisen, Getränken und Parfüms wird Vanillin eingesetzt.

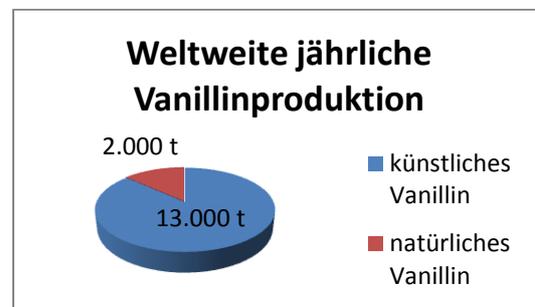


Abb.: jährliche Vanillinproduktion

Aufgaben:

1. Beschreibe, warum die künstliche Synthese von Vanillin als bahnbrechende Entdeckung der Wissenschaft galt.
2. Ziehe einen Vergleich zwischen natürlicher Vanille und künstlichem Vanillin. Nutze dazu die Argumente aus dem Text und überlege dir weitere.

Extraktion des Vanille-Aromas



Aufgabe: Gewinne den Aromastoff Vanillin aus den Schoten und vervollständige die Versuchsbeschreibung. Für das Experiment stehen dir ein Mörser mit Pistill, zwei Bechergläser, ein Trichter, Filterpapier, eine Kristallisierschale, ein Spatel, Vanilleschoten und Petroleumbenzin (verdampft bei Raumtemperatur im geschlossenen Abzug) zur Verfügung.



Sicherheit:
Trage eine Schutzbrille!



*Brennbare Flüssigkeit
Umweltgefährdend
Gesundheitsgefährdend*

Materialien:



Versuchsaufbau/Skizze:



Versuchsbeschreibung:



Beobachtung: Wie riecht der Rückstand?



Entsorgung: Die Schoten können im Hausmüll entsorgt werden.