

**Organisch-chemisches Praktikum für das Lehramt (LA)**

Torsten Lasse  
 Leitung: Dr. P. Reiß  
 WS 2008/09

Assistent: Tobias Gerhardt

## Schulversuch (Gruppe 10/Selbst): Ninhydrin-Färbung von Fingerabdrücken

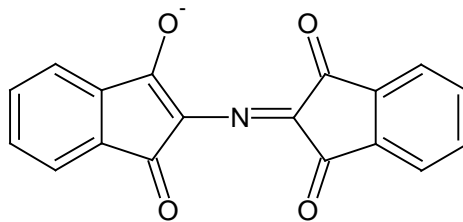
Ein Versuch mit Anleihen aus der forensischen Chemie.

**Zeitbedarf**

Vorbereitung: 5 (bzw. 10) min

Durchführung: 5 min

Nachbereitung: etwa 2 min

**Übersicht**

Ruhemanns Purpur (Violett)

**Chemikalien und eingesetzte Substanzen**

Eingesetzte Stoffe	Summenformel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrenkennzeichnung	Schuleinsatz
Ninhydrin-Lösung (Sprühreagenz) (1%ig in 2-Propanol)	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> * C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	etwa 5 mL	11-36-67	7-16-23.3-24-26-51	F, Xi	SI

\* = nach HessGiss 2006/07

**Geräte und Materialien**

Weißes Papier (handelsübliches Druckerpapier)  
 Petrischale  
 Filterpapier  
 Trockenschrank  
 (Latex-Handschuh)

## Versuchsaufbau

~

## Durchführung

Es wurde ein Fingerabdruck auf weißem Papier angefertigt. Zuvor wurde ein Latex-Handschuh etwa 5 Minuten getragen, um eine intensivere Schweißentwicklung hervorzurufen.

Das Papier, auf dem nachvollziehbarerweise kein Abdruck zu sehen war, wurde im nächsten Schritt mit zuvor angesetzter 1%-iger Ninhydrin-Lösung (in 2-Propanol) in einem Zerstäuber besprüht. Das Blatt wurde dann für 2 Minuten bei etwa 150 °C auf das Heizfeld des Magnetrührers gelegt. Um eine Verkohlung zu vermeiden, wurde das Papier mit einer Tiegelzange ständig in Bewegung gehalten (s. Abb. 1).



Abb.1 : Das besprühte Papier auf dem Magnetrührer

## Beobachtung

Während des Erhitzens färbte sich das zuvor weiße Papier an den Stellen des Fingerabdruckes blau-violett (s. Abb. 2). Ansätze der Rillen (= Papillarleisten) an den Fingerkuppen konnten schließlich zufriedenstellend sichtbar gemacht werden (s. Abb. 3).



Abb. 2: Das besprühte Papier auf dem Magnetrührer nach etwa einer Minute. Es ist eine leichte Blau-Violett färbung beobachtbar.



**Abb. 3:** Das besprühte Papier nach der zweiminütigen Erhitzung: Blau-Violett färbung im Bereich des Fingerabdruckes mit Sichtbarmachung der Rillen (Papillarleisten) der Finger.

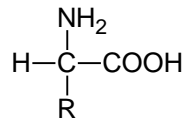
*Anmerkung:* Es wurden verschiedene Versuchsdurchführungen erprobt – u.a. die Sichtbarmachung eines kompletten Handabdruckes, das vollständige, kurzzeitige Eintauchen des Papiers in die Ninhydrin-Lösung sowie die Erhitzung des Papiers auf im 80 °C heißen Trockenschrank. Der Handabdruck war leider nicht gut zu erkennen, d.h. die Färbung machte die Form der Hand nicht überzeugend sichtbar, vermutlich da viele Stellen der Hand entweder eine zu geringe Schweißbildung aufwiesen oder nicht fest genug auf das Papier gedrückt worden waren. Das komplette Eintauchen des Papiers in der Ninhydrin-Lösung war bereits allein aufgrund des erhöhten Lösungsverbrauches unnötig; es zeigte zudem keine besseren Färbungsergebnisse. Im Trockenschrank neigte das Papier zur Überfärbung – vermutlich, da der Fortschritt des Färbungsvorgangs im geschlossenen Trockenschrank schlecht zu kontrollieren ist. Der hier dargestellte Ablauf bildete das überzeugendste Ergebnis.

### **Entsorgung**

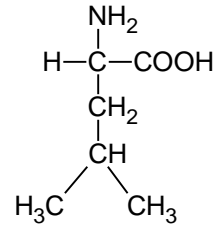
Die Reste der Ninhydrin-Lösung wurden für weitere Experimente aufbewahrt. Bei Nichtverwendung hätte nach der Neutralisation eine Entsorgung im organischen Lösungsmittelabfall stattgefunden. Das getrocknete Papier wurde im Feststoffabfall entsorgt.

### **Fachliche Analyse**

Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut. Deren genereller Aufbau lässt sich durch eine Aminogruppe ( $-\text{NH}_2$ ), eine Carboxylgruppe ( $-\text{COOH}$ ) sowie einen variablen Rest ( $-\text{R}$ ) beschreiben.



Allg. Aufbau



Leucin (Leu)

Die unterschiedlichen Aminosäuren definieren sich durch ihre unterschiedlichen Reste, hier demonstriert durch das Beispiel Leucin.

Eine Besonderheit der Aminosäuren stellt deren Vorliegen als dipolare Ionen (sog. Zwitter-Ionen) bei neutralem pH-Wert dar. In diesem Zustand ist die Aminogruppe protoniert ( $-\text{NH}_3^+$ ) und die Carboxylgruppe dissoziiert ( $-\text{COO}^-$ ). Dieser Dissoziationszustand ändert sich mit wechselndem pH-Wert. So liegt in saurer Lösung (pH=1) die Carboxylgruppe, im Gegensatz zur ionisierten Aminogruppe ( $-\text{NH}_3^+$ ), nicht-ionisiert vor ( $-\text{COOH}$ ). Im basischen Milieu (etwa pH=11) liegen die Verhältnisse genau umgekehrt vor ( $-\text{NH}_2$  und  $-\text{COO}^-$ ).

Der einfachste Vertreter der Aminosäuren, das Glycin, besitzt als Rest ein Wasserstoffatom ( $\text{R}=\text{H}$ ). Der Rest kann darüber hinaus sowohl eine einfache Kohlenwasserstoff-Seitenkette sein (z.B. Valin, Leucin, Isoleucin), eine Seitenkette mit Hydroxylgruppen aufweisen (Serin, Threonin), als auch aromatischen Charakter besitzen (Phenylalanin, Tyrosin, Tryptophan). Die genannten Aminosäuren tragen in ihren Seitenketten bei physiologischen pH-Werten keine Ladung. Im Falle vorliegender funktioneller Gruppen in der Seitenkette kann eine positive oder negative Ladung die entsprechende Aminosäure charakterisieren. So ist die ionisierte Aminogruppe von Lysin und Arginin im neutralen pH-Bereich für die positive Ladung der Seitenkette verantwortlich. Die beiden Genannten zählen zu den basischen Aminosäuren.

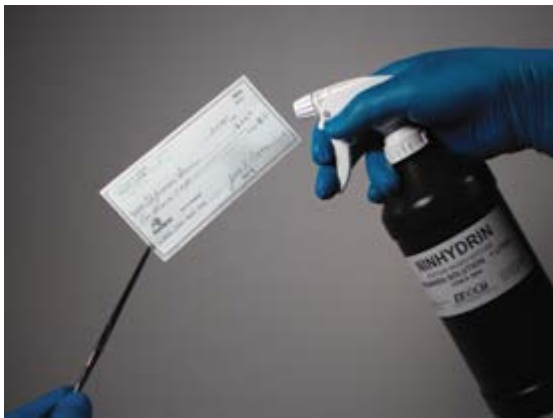
Weitere wichtige funktionelle Gruppen in den Seitenketten stellen die Carboxylgruppe und die Amidgruppe dar. In zwei Aminosäuren befinden sich Schwefelatome in der Seitenkette (Methionin, Cystein). Die Fähigkeit des Cysteins, Disulfidbrücken auszubilden, erlaubt die Formierung und Stabilisierung der Tertiärstruktur der Proteine.

Die körpereigen produzierten (proteinogenen) Aminosäuren (Standardamino-säuren) werden durch die Codons des genetischen Materials kodiert. Dazu zählen 20 Aminosäuren, u.a. die zuvor erwähnten. Man unterscheidet zwischen essentiellen, halb-essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren. Essentielle Aminosäuren benötigt der Organismus, kann sie aber nicht (oder nicht vollständig) aus körpereigenen Bausteinen synthetisieren. Diese Aminosäuren müssen dem

Körper durch Nahrung zugeführt werden. Für eine vollständige Liste dieser Aminosäuren soll an dieser Stelle auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen werden (s. Literatur).

Im Jahr 1911 bemerkte Siegfried Ruhemann (1859-1943), dass Aminosäuren mit Ninhydrin eine blau-violette Färbung erzeugen. Diese Färbung, deren Produkt fortan als „Ruhemannscher Purpur“ oder „Ruhemanns Purpur“ bezeichnet wurde, ist aufgrund einer hohen Empfindlichkeit gegenüber geringsten Mengen an Aminosäuren neben deren Anfärbung in der Dünnschicht-Chromatographie<sup>1</sup> auch für die Färbung von Fingerabdrücken geeignet.

Hierbei werden bereits geringste Mengen der im menschlichen Schweiß vorkommenden Aminosäuren (z.B. auf Papier) effektiv angefärbt und legen somit eine Nutzung in der forensischen Medizin bzw. Kriminologie nahe (s. Abb. 4).



**Abb. 4 : Ninhydrin in der Forensik: Anfärbung von Fingerabdrücken auf einem Check (Quelle: [www.evidentcrimescene.com/cata/chem/chemNinhydrin.jpg](http://www.evidentcrimescene.com/cata/chem/chemNinhydrin.jpg))**

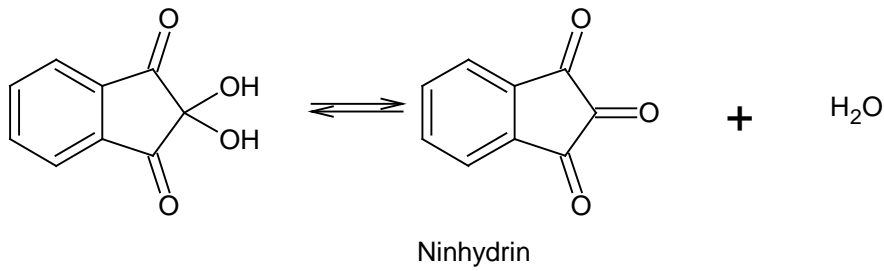
Der folgende Reaktionsmechanismus verdeutlicht die chemischen Vorgänge der Färbung beim Zusammentreffen einer (hier exemplarischen) Aminosäure<sup>2</sup> und dem Ninhydrin.

Das Gleichgewichtsreaktionen unterliegende Ninhydrin kann folgendermaßen dargestellt werden:

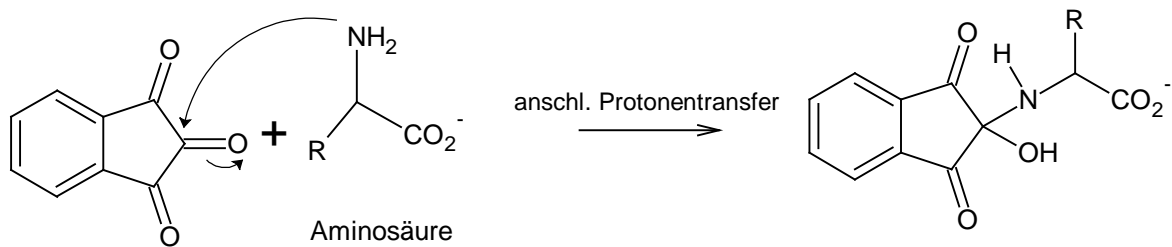
---

<sup>1</sup> Vgl. Protokoll „Natriumglutamat in Brühwürfeln“

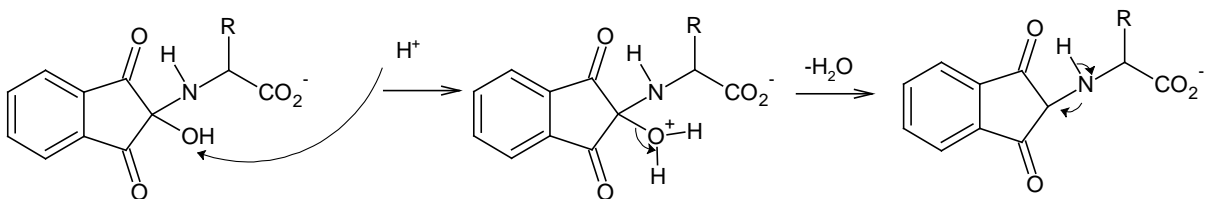
<sup>2</sup> Anmerkung: Eine Ausnahme im Reaktionsmechanismus bilden die Aminosäuren Prolin und Hydroxyprolin aufgrund ihrer sekundären Aminogruppe (-NH). Vgl. entsprechende Fachliteratur (s. Anhang).

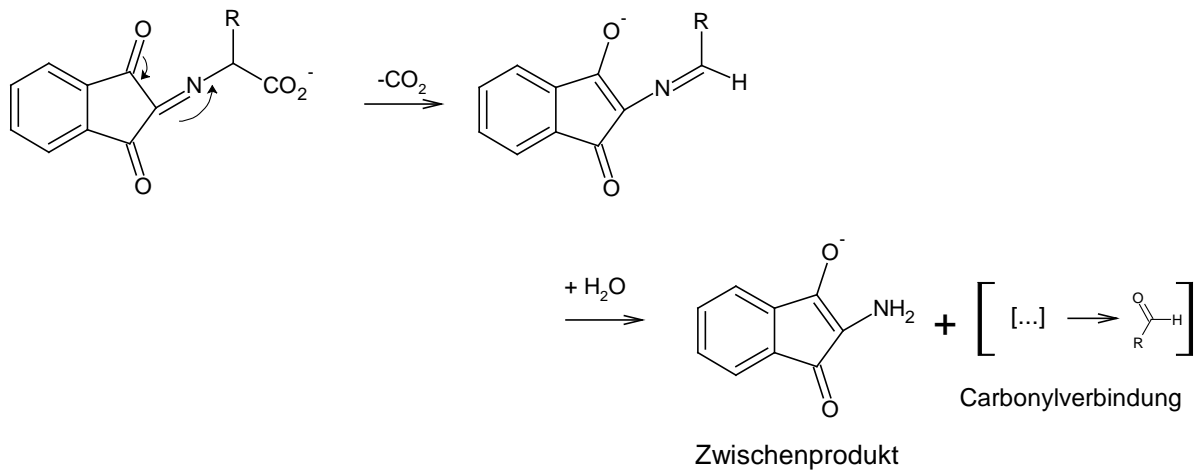


Im ersten Reaktionsschritt reagiert die Aminosäure mit dem Ninhydrin; es bildet sich nach folgendem Protonentransfer ein erstes Zwischenprodukt.

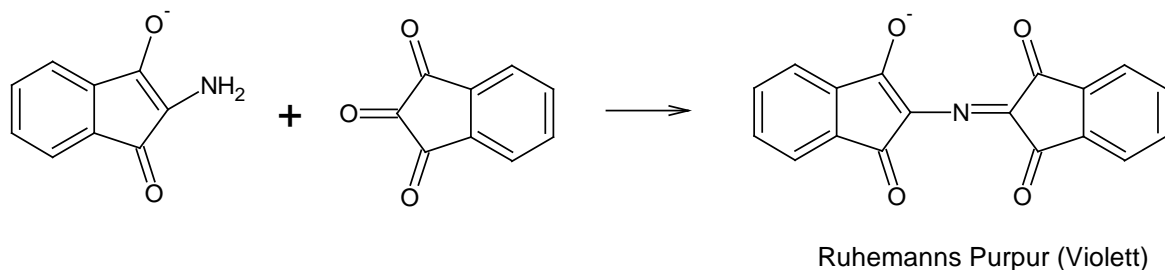


Nach erfolgter Protonierung der entstandenen Hydroxylgruppe, deren Abspaltung als Wasser sowie anschließender Decarboxylierung des gebildeten Imins (Schiffsche Base) bildet sich ein erstes (fassbares) Zwischenprodukt aus: ein Aminoketon. Ein Teil des Moleküls (der Aminosäure-Rest) geht dabei in Form einer Carbonylverbindung ab.





Dieses Zwischenprodukt dimerisiert nun mit einem weiteren Molekül Ninhydrin zum Ruhemanns Purpur, einem blau-violetten Endprodukt der Reaktion.



Die Konzentration des Farbstoffes ist zur Intensität der Farbe und damit auch zur Konzentration einer zu bestimmenden Aminosäure proportional – daher können über photometrische Messungen Rückschlüsse auf Konzentrationen geschlossen werden.

Durch eine Temperaturerhöhung wird die Kinetik der Reaktion beeinflusst – die Reaktion wird beschleunigt. Daher erklärt sich die im Anschluss an die Exposition des Fingerabdruckes mit Ninhydrin-Reagenz durchgeführte Erwärmung auf dem Magnetrührer.

Mit anderen Molekülen können ebenfalls farbliche Reaktionen auftreten. Jedoch ist das Auftreten des Ruhemannschen Purpurs spezifisch für das Vorhandensein von Aminosäuren und damit auch als spezifischer Nachweis anzusehen.

Der Test findet weiterhin Anwendung in der Medizin als so genannter Moberg-Test. Bei bestimmten organischen Nervenerkrankungen entsteht eine (lokal) gestörte bzw. verringerte

Schweißsekretion. Hand- und Fußabdrücke können somit anhand der (lokalen) Intensität der Schweißsekretion (indirekte Bestimmung über die Ermittlung der Menge des gebildeten Schweißes anhand der vorliegenden Aminosäuren) Rückschlüsse auf eine etwaige organische Nervenerkrankung erlauben.

### **Methodisch-didaktische Analyse**

Die Färbung mit Ninhydrin kann im Rahmen der Behandlung der Aminosäuren in der Jahrgangsstufe 11 (Grund- und Leistungskurs) durchgeführt werden. In der Schule kann die Ninhydrin-Färbung jedoch nicht nur zum spezifischen Nachweis von Aminosäuren im Reagenzglas verwendet werden. Neben dem Querverweis auf die Bedeutung der Färbung in der Medizin (Moberg-Test) kann sich der Bezug zur Forensik in Form der Anfärbung von Fingerabdrücken in diesem Zusammenhang vorteilhaft als motivationsfördernd für die Schüler erweisen. Voraussetzung für das Verständnis der zugrunde liegenden Reaktion sind Kenntnisse seitens der Schüler über den Aufbau der Aminosäuren. Daher sollte der Versuch nicht primär zu Beginn der thematischen Behandlung der Aminosäuren erfolgen.

Vorbereitung und Durchführung dauern jeweils etwa 5 Minuten, die Nachbereitung lediglich 2 Minuten. Falls die Ninhydrin-Lösung selbst hergestellt werden muss, kann sich die Vorbereitung entsprechend verlängern. Somit ist der Versuch in sehr kurzer Zeit durchführbar. Da er sich aufgrund der verwendeten Chemikalien auch als Schülerversuch eignet, ist eine Realisierung in Form eines Stationenlernens denkbar. Falls Ninhydrin im Schullabor nicht zur Verfügung steht, sollte es m.E. aufgrund der interessanten Versuchsmöglichkeiten für die Schule angeschafft werden.

In der hier dargestellten Versuchsdurchführung erwies sich das Ergebnis als zufriedenstellend. Der Fingerabdruck konnte mitsamt seiner charakteristischen Rillen gut visualisiert werden. Eine höhere Auflösung in der Ausprägung wäre wünschenswert, aber nicht zwingend erforderlich gewesen. Gegebenenfalls kann man durch eine Variation in der Art des verwendeten Papiers oder eines länger auf das Papier gedrückten Fingers bessere Ergebnisse erzielen. Zukünftige Versuche sollten eventuell eine dahingehende Optimierung anstreben.

Der Versuch kann den Schülern interessanter präsentiert werden, indem eine Art Detektivspiel organisiert wird, in welchem die Schüler einen oder mehrere andere(n) Schüler anhand der



Sichtbarmachung seiner Fingerabdrücke auf Papier identifizieren. Dadurch wird der Bezug zur Forensik im Rahmen des didaktischen Konzeptes stärker betont.

Bei der Durchführung sollte darauf geachtet werden, dass die Ninhydrin-Lösung nicht mit der Haut in Kontakt kommt, da es schließlich kaum zu entfernende stark blaue Flecken erzeugt. Dies beruht auf der Tatsache, dass im Schweiß Aminosäuren vorhanden sind – worauf letztlich auch die Anfärbung des Fingerabdruckes beruht.

### ***Literatur***

Becker HGO: Organikum; 22. Auflage 2004, Wiley-VCH, Weinheim

Peter K , Vollhardt C, Schore NE: Organische Chemie, 4. Auflage, 1. korrigierter Nachdruck 2007, Wiley-VCH, Weinheim

#### *Idee aus:*

[http://www.swisseduc.ch/chemie/kriminalistik/crimeproject/html/daktyloskopie\\_versuchsanleitun.html](http://www.swisseduc.ch/chemie/kriminalistik/crimeproject/html/daktyloskopie_versuchsanleitun.html)  
Zugriff am 11.12.08

[http://www.cumschmidt.de/v\\_fingerabdruecke.htm](http://www.cumschmidt.de/v_fingerabdruecke.htm); Zugriff am 11.12.08

#### *Weitere Quellen:*

Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule; <http://www.hessgiss.de/>; Version 2006/07

Hessischer Lehrplan Chemie G8; unter <http://www.kultusministerium.hessen.de/>; Zugriff am 15.12.08

[http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0135Ruhemanns\\_Purpur.pdf](http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0135Ruhemanns_Purpur.pdf); Zugriff am 15.12.08

<http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/ninhydrin/ninhydrin.htm>; Zugriff am 19.02.09

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ninhydrin>; Zugriff am 19.02.09

<http://www.imedo.de/medizinlexikon/moberg-test>; Zugriff am 19.02.09