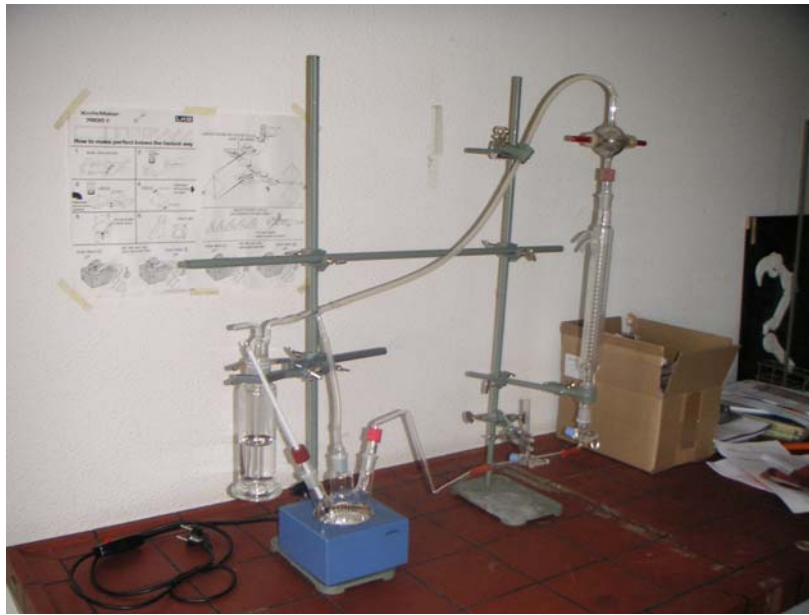


Abiogene Synthese von Aminosäuren nach Stanley Miller



Hannes Nindel

Fachlehrer: Herr Kohler

Leistungskurs Biologie Jgst.12/2 2006

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	2
Hauptteil	3
1. Historische Hintergrundinformationen	3
2. Theoretischer Ansatz	4
2.1. Was sind Aminosäuren?	4
2.2. Versuchsapparaturentwicklung	4
2.3. Chemische Grundlagen	5
3. Versuchsdurchführung	8
3.1.1. Materialien	8
3.1.2. Aufbau der Versuchsapparatur	8
3.1.3. Befüllen der Versuchsapparatur	8
3.2. Versuchsdurchführung und Probeentnahmen	9
4. Auswertung/ Chromatographischer Nachweis der Aminosäuren	10
4.1.1. Fluoreszenzmarkierung von Aminosäuren	10
4.1.2. Dansylisierung	11
4.2. Chromatographische Trennung	11
5. Zusammenfassung der Ergebnisse	12
6. Wissenschaftliche Kritik am Miller-Uray-Experiment	12
Literaturverzeichnis	13
Selbstständigkeitserklärung	13
Anhang	14

Vorwort

Ich möchte direkt zu Beginn dieser Facharbeit meinen Dank an meinen Fachlehrer Herrn Kohler aussprechen, ohne dessen Unterstützung bezüglich der Stellung von Materialien, Informationen über das Thema und Zeit in Fachräumen diese Arbeit in dieser Art nicht zu Stande gekommen wäre. Ein weiterer großer Dank gebührt Herrn Ködding, der uns trotz seiner Pensionierung mit immensem Zeitaufwand und guten Ratschlägen bezüglich der Durchführung des Praktischen Versuchs zur Seite stand. Nicht zuletzt gilt mein Dank auch meiner Mitschülerin Johanna Hiesinger, die dasselbe Thema bearbeitete und in Hinsicht auf die Praktikabilität der einzelnen Experimente und auch bei der Verschriftlichung einen kreativen Einfallsreichtum bewies.

Einleitung

Jeder hat sich sicherlich schon einmal die Frage gestellt, warum funktioniert die biologische Welt. Wie ist die Erde mit ihrer Vegetation entstanden? Urknall, was ist das überhaupt? So kam man im Rahmen der Wissenschaft zu Untersuchungen an thermodynamischen offenen Systemen mit autokatalytischen Eigenschaften. Ausgehend von der Urknalltheorie und der anschließenden Kondensation und Aggregation der Materie nimmt man an, dass sich sogenannte Urnebel bildeten. Über mehrere milliarden Jahre verdichtete sich die Materie immer weiter und es bildeten sich Planeten deren Atmosphäre hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium bestand. Diese erste Atmosphäre entwickelte sich mit Hilfe vulkanischer Gase zur zweiten Atmosphäre in der sich Hydride (Wasser, Methan, Ammoniak) bildeten. Derartige Bedingungen nahm auch Stanley Miller an und versuchte diese im Labor zu simulieren. Mit dem Schwinden des Wasserstoffgehalts in der Atmosphäre nahm auch die abiogene Bildung höherer C-Verbindungen ab und man spricht nun nicht mehr von einer chemischen sondern von einer biologischen Evolution. So entstand über die dritte (Abnahme des Wasserstoffgehalts) auch die vierte Atmosphäre. Diese Atmosphäre war aufgrund der Sauerstoffproduzenten (Photosynthese) stark oxidierend. Eine solche Klassifizierung nimmt man aufgrund einzelner Sedimentschichten und der Eigenschaften der darin enthaltenen Stoffe vor. Allem Anschein nach müssen die Aminosäuren also während der zweiten Atmosphäre entstanden sein. Um noch einmal auf die Ausgangsfrage zurück zu kommen, was haben denn nun Ami-

nosäuren mit der Funktionstüchtigkeit des Lebens zu tun? Sie haben nicht nur etwas damit zu tun, sie sind der Grundbaustein. Schaut man zum Beispiel unseren eigenen Körper an, erkennt man die Unverzichtbarkeit von nur zwanzig verschiedenen Aminosäuren. Jeder Stoffwechselprozess in unserem Körper funktioniert enzymatisch und Enzyme wiederum sind Proteine, die aus Aminosäuren entstehen. So muss man also, um das Leben verstehen zu können, an den Anfang blicken und versuchen, die Entstehung von Aminosäuren zu entschlüsseln. Genau dies tat Miller in seinem Laborversuch. Er verwendete für seinen Versuch ein Gasgemisch aus Methan, Ammoniak, Wasserdampf und Wasserstoff. Mit diesem Experiment und den daraus gewonnenen Schlussfolgerungen wird sich diese Facharbeit beschäftigen.

Hauptteil

1. Historische Hintergrundinformationen

Stanley L. Miller führte als Schüler von C. Urey mit demselben Versuche durch, um zu klären ob die Energie in der zweiten Uratmosphäre für die Entstehung von organischen Verbindungen ausreichend war (1953,1955). Um das schon erwähnte Gasgemisch zur Reaktion zu bringen, hatte Miller natürlich nicht die Möglichkeit als Energiequellen Gewitter, ultraviolette Strahlung, radioaktive Strahlung oder Wärme des vor 10-12 Milliarden Jahren herrschenden global aktiven Vulkanismus zu nutzen. Er nutzte nur Wärme und elektrische Ladung. So setzte er einen Versuch an, der acht Tage in einem Kreislauf lief und er konnte neben Ameisensäure, Formaldehyd und Milchsäure auch die für die Entstehung von organischem Leben notwendigen Aminosäuren nachweisen. Dazu waren die entstandenen Stoffe nur stabil, weil sie weder durch Sauerstoff, noch durch Mikroben zerstört werden konnten. So konnten die Aminosäuren nur in einer sauerstofffreien Atmosphäre (zweite Uratmosphäre) entstehen. So konnte Miller seine Theorie beweisen, dass eine präbiotische Bildung von Aminosäuren und anderen Lebensbausteinen stattgefunden hat. Im Laufe der Jahre wurde Millers Versuch vielfach kopiert und variiert. Wie zu jeder Theorie gibt es auch hier eine Gegentheorie, die besagt, dass das organische Leben von anderen Planeten kam. Allerdings muss auch dabei davon ausgegangen werden, dass eine ähnliche Synthese auf anderen Planeten stattgefunden hat, da sich sonst keine Einzeller hätten entwickeln können. So wurde das Experiment „Production of some Organic Compounds under Possible Earth Conditions“, wie Miller selbst es nannte, zum klassischen Versuch zur Ursynthese.

2.Theoretischer Ansatz

2.1.Was sind Aminosäuren?

Aminosäuren sind die Bausteine von Proteinen welche als Enzyme, Hormone oder Antikörper wirken. Der vollständige Name der Aminosäuren lautet Aminocarbonsäuren. Sie bestehen, chemisch gesehen, aus mindestens einer Carboxylgruppe (-COOH) und mindestens einer Aminogruppe (-NH₂). Allerdings besitzen die meisten noch spezifische Reste. Bis heute sind ca. 270 verschiedene Aminosäuren bekannt. Allerdings sind nur 20 der 270 Aminosäuren an der Proteinsynthese beteiligt, man nennt diese daher proteinogene Aminosäuren. Mehrere aneinander gereihete Aminosäuren nennt man Peptid. Sobald ein Peptid eine Kettenlänge von 50 Stück erreicht, nennt man dieses Protein.

Auch beim Menschen werden diese 20 Aminosäuren bei der Proteinbiosynthese benötigt. Allerdings kann der Körper acht davon weder selbst synthetisieren noch aus anderen körpereigenen Stoffen gewinnen. Solche essentiellen Aminosäuren müssen daher mit der Nahrung aufgenommen werden. Die nicht-proteinogenen Aminosäuren spielen nur bei Pflanzen eine Rolle und sind ein Zwischenprodukt beim Abbau oder der Umwandlung von proteinogenen Aminosäuren.

2.2.Versuchsapparaturentwicklung

Damit Miller nun auch wirklich die Erde während der zweiten Atmosphäre simulierte, musste er sich überlegen wie man am besten eine ganze Welt auf einen Tisch packt. Dafür entwickelte er einen erstaunlich simplen aber dafür hochempfindlichen Versuchsaufbau. Er nahm einen Glasbehälter in dem er zwei Hochspannungselektroden befestigte, welche Gewitter und Hitze simulieren. Da die Erde damals wahrscheinlich eine ähnliche Temperatur wie heute aufwies, musste also auch keine zusätzliche Wärmequelle eingebaut werden. Die Apparatur wurde noch mit einem Sicherheitsventil versehen, damit bei übermäßigem Druck (Hitze, Wechsel der Aggregatzustände) keine Explosion erfolgte. Anschließend befüllte er den Apparat mit einer der Ursuppe nachempfundenen Ammoniaklösung und tauschte die Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre gegen eine Methanatmosphäre aus. Diesen Versuchsaufbau haben wir, zum besseren Verständnis, versucht etwas ab zu ändern.

Dies sah dann folgendermaßen aus:



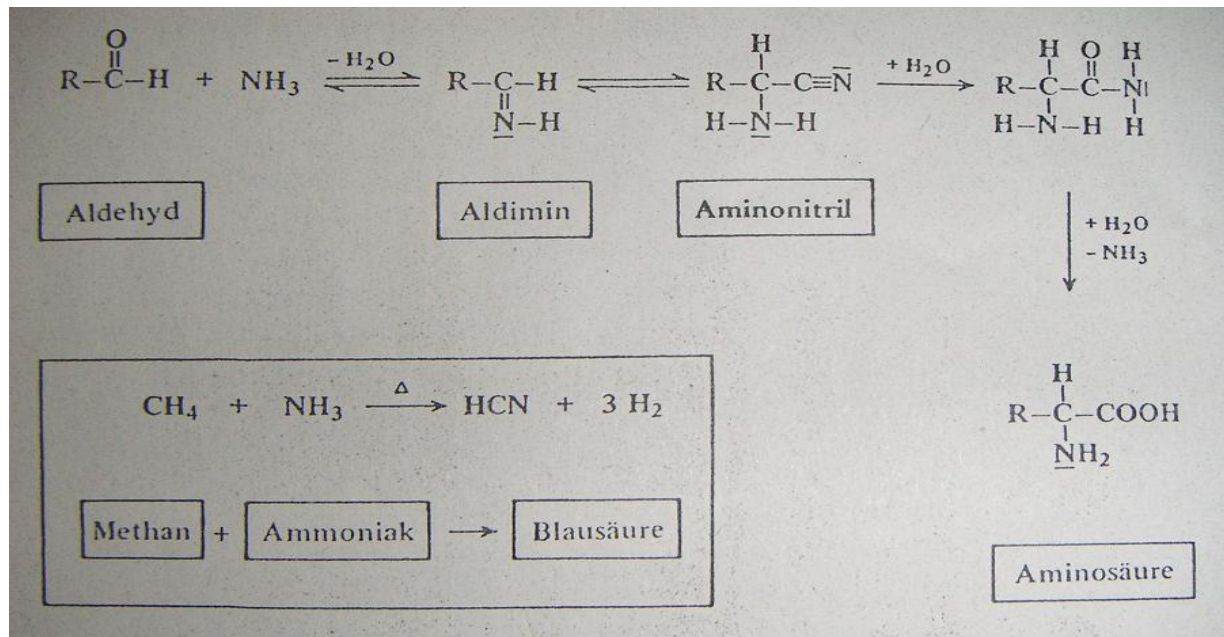
Um die einzelnen Vorgänge besser voneinander abzugrenzen, setzten wir erst auf den von Miller entwickelten Kreislauf, der durch Unterdruck funktionieren sollte. Der Unterdruck entsteht bei der Abkühlung des Wasserdampfes. Der Wasserdampf geht von dem gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand über, wobei sich das Volumen pro Gramm

verringert und es entsteht ein Unterdruck, der den durch den Heizpilz entstehenden Wasserdampf nachziehen soll. Allerdings ergab sich bei diesem Versuchsaufbau ein schwerwiegendes Problem. Der Wasserdampf kondensierte an den raumtemperaturwarmen Schläuchen schon vor den Elektroden und so konnte auch keine Reaktion mit Hilfe der Hochspannung stattfinden. Auch eine direkte Montage der Elektroden über der Lösung führte nicht zu dem gewünschten Resultat, da sich Kondenswasser immer irgendwo sammelte oder zu früh in die falsche Richtung floss. So beschlossen wir, uns an eine Variation von Millers Versuchsaufbau zu halten.

2.3. Chemische Grundlagen

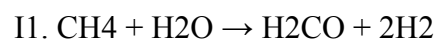
Vor der eigentlichen Durchführung des Experiments möchte ich an dieser Stelle einmal präzise das Prinzip erläutern. Bei der Beschreibung der einzelnen Atmosphären war von einem hohen Wasserstoffanteil die Rede, allerdings braucht man dem Gemisch keinen freien also ungebundenen Wasserstoff hinzugeben, da dieser durch die Spaltung der übrigen Stoffe an der Hochspannungselektrode entsteht. Dies geschieht indem z.B. aus Methan Radikale gebildet werden und diese dann zu Ethan und Wasserstoff rekombiniert werden. Durch Wiederholung der Vorgänge Radikalbildung und Rekombination und mit zunehmender Versuchsdauer entstehen immer höhermolekulare Alkane und Olefine. So wird auf Dauer das gesamte Spektrum möglicher Atmosphärenzusammensetzungen ausprobiert. Also kann die Synthese von Aminosäuren mit dem Reaktionsschema der Strecker-Synthese beschrieben werden. Dabei entsteht in einer Gleichgewichtsreaktion aus einem Aldehyd unter Wasserabspaltung Aldimin, daraus entsteht wiederum Aminonitril. Die so entstandene Stickstoffverbindung reagiert mit Wasser weiter zu einem instabilen Zwischenprodukt, welches zusammen mit Wasser und unter Am-

moniakabspaltung zu einer Aminosäure reagiert. Die eigentliche Hauptreaktion an der Elektrode, die der Bildung von Wasserstoff dient, ist die Reaktion zwischen Methan und Ammoniak, bei der unter anderem auch Blausäure (HCN) entsteht. Blausäure ist zusammen mit Ammoniak für die Umwandlung der Aldehyde in die entsprechenden Alpha-Aminonitrile zuständig welche anschließend zu dem Endprodukt, dem wichtigsten Baustein des Lebens, den Aminosäuren hydrolysieren.

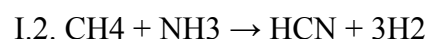


Um die Bildung von Aminosäuren noch besser zu veranschaulichen, folgt hier ein Synthesebeispiel für Glycin.

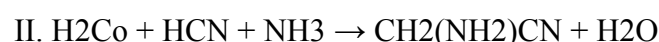
Im ersten Schritt reagieren Methan und Wasserdampf unter Energieaufwand zu Formaldehyd und Wasserstoff.



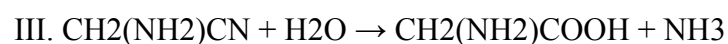
Gleichzeitig reagiert Methan unter Energieaufwand mit Ammoniak zu Blausäure und Wasserstoff.



Anschließend reagiert das entstandene Formaldehyd unter Energieaufwand zusammen mit der Blausäure und Ammoniak weiter zu Aminoacetonitril und Wasser.



Im dritten und letzten Schritt der Synthese reagieren die Zwischenprodukte Aminoacetonitril und Wasser weiter zu Glycin und Ammoniak.



2.4. Theoretische Fehlerquellen des Versuchs

Wie schon erwähnt, ist der von Miller gewählte Versuchsaufbau ebenso simpel wie sensibel. So treten an allen möglichen Stellen Fehlerquellen ans Licht, die eine genaue Durchführung unter den Bedingungen des Schullaboratoriums so gut wie unmöglich machen. Der wahrscheinlich gefährlichste Fehler, der einem unterlaufen kann ist, dass in die Apparatur Luft einströmt, welche nicht nur das Versuchsergebnis verfälscht sondern auch gefährlich ist, da Methan-Sauerstoff-Gemische hochexplosiv sind und eine Hitzequelle durch den dauerhaften Funken gegeben ist. So muss man sehr penibel darauf achten, dass alle Schliffverbindungen, Schläuche und NS-Hülsen genau montiert und überprüft werden. Ein weiterer möglicher Faktor ist der Einfluss von weitreichenden Hochfrequenzstörungen, aus diesem Grund wird empfohlen die gesamte Hochspannungsanlage und den Versuchsaufbau in einem geerdeten Faradayschen Käfig auf zu bauen. Dies war uns aus Gründen der Materialkosten nicht möglich. Ebenso wichtig wie eine geradezu hermetische Abriegelung des Aufbaus vor Luft (insbesondere dem Sauerstoff) und den darin enthaltenen Fremdkörpern, ist die millimetergenaue Ausrichtung der Wolframelektroden, da sich bei zu großem Abstand kein Funke bildet und bei zu geringem Abstand sich eine Art Brücke aus Kohlenstoff bildet, der bei der energetisch aufwändigen Spaltung von Methan als Nebenprodukt entsteht. Um nun ein Einströmen von Luft trotz eventueller kleiner Lecks zu verhindern, kamen wir auf die Idee, einen Kolben mit ins Wasser zu stellen und ihn mit dem Innenraum des Weithals-Rundkolbens zu verbinden. So gelangt beim Befüllen der Versuchsapparatur Methan in den Kolben, welcher somit aufsteigt und durch sein Eigengewicht einen geringen Überdruck erzeugt, der dafür sorgt, dass im schlimmsten Fall ein wenig Methan ausströmt. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die unkomplizierte optische Messbarkeit. Mit das Wichtigste vor Versuchsbeginn ist die gründlich Desinfizierung der einzelnen Teile, damit sich keine organischen Reste mehr befinden, welche das Versuchsergebnis unbrauchbar machen würden. Um einer erneuten Verunreinigung vor zu beugen benutzten wir daher während der Versuchsdurchführung Kunststoffeinweghandschuhe. Da die uns zur Verfügung stehenden Materialien stark begrenzt waren, konnten wir eine bakterielle Kontamination, die man mit dauerhafter Beleuchtung durch UV-Licht hätte ausschließen können, nicht vollständig verhindern. So verzichteten wir auch auf den aufwendigen Desinfizierungsweg mit Chromschwefelsäure und bidestilliertem Wasser, sondern beschränkten uns auf eine ausreichende Erhitzung der hitzeverträglichen Bauteile. Des Weiteren stand uns kein Hochvakuum-Silicon-Fett zur Verfügung und wir waren gezwungen die Schliffkörper mit Glycerin-Fett ab zu dichten.

3. Versuchsdurchführung

3.1.1. Materialien

- 100 ml destilliertes Wasser
- 25 ml 25-prozentige Ammoniaklösung
- Methan
- Heizpilz
- Stative
- 3-Hals-Weithals-Rundkolben
- Verbindungsschläuche
- Thermometer
- Schliffstücke/T-Stück/Glasröhren
- Schlauchklemme
- Waschflasche
- 3-Wege-Hahn/Einfach-Hahn mit Schliff und Schlauch
- Rückflusskühler
- Vier-Hals-Glaskolben
- Wolframelektroden
- Spannungsinduktor (10.000V-12.000V; 0,02A)

3.1.2. Aufbau der Versuchsanordnung

Siehe Anhang.

3.1.3. Befüllen der Versuchsanordnung

Nach dem Versuchsaufbau ist das Befüllen der Apparatur der wahrscheinlich schwierigste Teil der Versuchsdurchführung. Nach der Versuchsvorschrift müsste man eigentlich ein kompliziertes Verfahren, bestehend aus Druckballons und Vakuumpumpen, wählen. Da dies allerdings ein Schülerversuch war, haben wir uns eine einfachere Variante überlegt. Als wir den Gefäßinnenraum sowieso nicht vollständig von Bakterien befreien konnten, entschlossen wir uns, das Gemisch aus 100ml sterilisiertem, bidestilliertem Wasser und ca. 25ml 25-prozentiger Ammoniaklösung ohne größere Vorsichtsmaßnahmen bezüglich der Sterilität einzufüllen. Anschließend verschlossen wir die Apparatur und leiteten über einen Gashahn möglichst weit unten Methan ein bis sich der Kolben bis zur Wasseroberfläche gehoben hatte und Methan ausströmte. Die Befüllung mit Methan sollte am besten am tiefsten Punkt der Apparatur geschehen, damit das Gas die Luft nach oben wegdrückt. Wir spülten den gesamten Appa-

rat eine Weile mit Methan durch um auch sicher zu gehen, dass vor dem Einschalten des Spannungsinduktors auch die gesamte Luft entwichen war. Zur Kontrolle führten wir eine sogenannte Knallgasprobe durch. Hierbei wird ein Teil der in der Apparatur enthaltenen Atmosphäre entnommen. Wenn man diese dann entzündet sollte sie langsam verbrennen. Falls dies nicht der Fall ist und die Probe mit einem Knall verbrennt, war das Gemisch explosiv, das heißt, es war noch Sauerstoff enthalten. Die Art der gewählten Sicherung hat natürlich zum Nachteil, dass im Apparat nicht genau ein Atmosphärendruck erhält.

3.2. Versuchsdurchführung und Probeentnahmen

Nachdem die Apparatur mit den entsprechenden Chemikalien befüllt wurde, wird der Spannungsinduktor eingeschaltet und durch geringe Bewegungen der NS-Verbindungen kann auch jetzt noch der Abstand zwischen den Wolframelektroden geregelt werden. Nach Möglichkeit sollte ein konstanter Funke überspringen, wobei der Abstand möglichst groß sein muss, damit, wie schon gesagt, sich keine Verbindung aus Kohlenstoff aufbaut und einen Kurzschluss verursacht. In Bezug auf die Funktion der einzelnen Einrichtungen in Hinsicht auf die Simulation eines ganzen Planeten, haben wir den Versuch in unterschiedliche Zeitintervalle gegliedert. Ebenfalls unterschieden wir zwischen Ruhe- und Aktivzeit. Da die Ruhezeit aus praktischen Gründen über Nacht war haben wir auch zwischen Licht und Dunkelheit unterschieden. Wir hielten eine gewisse Ruhezeit für notwendig, da es schon immer Nacht und Tag auf der Erde gab und somit auch die Temperatur schwankte ebenso sind wir davon ausgegangen, dass die durch den Funken simulierten Gewitter nicht 24 Stunden täglich stattfanden. Mit diesen Überlegungen ließen wir den Versuch drei Mal jeweils vier Stunden laufen, so dass die Gewitter nachempfunden wurden. Wir nahmen keine Lichtabschottung vor, da das Laboratorium mit Fenstern versehen war und uns somit der natürliche Tagesablauf hilfreich zur Seite stand. Die Probeentnahme gestaltete sich in dem Sinne schwierig, dass wir den Kreislauf eigentlich ungern öffnen wollten. Nun hatten wir aber keine Vakuumpumpe eingebaut, sondern arbeiteten hingegen sogar mit Überdruck. Dies zwang uns dazu, den Weithals-Rundkolben für jede Entnahme zu öffnen, und ihn somit auch der Gefahr der Kontamination durch organische Stoffe aus zu setzen. Nichts desto trotz waren die regelmäßigen Probeentnahmen für eine korrekte und lückenlose Auswertung unentbehrlich. Um die Verunreinigung auf ein Minimum zu beschränken, nutzten wir durch Hitze desinfizierte Pipetten und bewahrten die Proben in luftdichten Kanülen auf, die wir aus gewöhnlichen Reagenzgläsern formten.

Nach dem Einschalten der Apparatur verfärbte sich die Lösung zusehends gelblich, an den Wänden des Kolbens und an den Elektroden schieden sich bräunliche bis schwarze meist teeartige Stoffe ab. Nebenher führten wir auch einen so genannten Blindversuch durch. Der Blind-

versuch besteht lediglich darin, die Reaktionsfüllung, sprich Methan, Ammoniak und Wasser einige Tage im Dunkeln ohne Energiezufuhr ruhen zu lassen. Er dient dazu, eine Eigenreaktion der Stoffe ohne Energiezufuhr, auf der das Experiment letztendlich beruht, aus zu schließen. Allerdings könnte es auch sein, dass wir mit unseren Vermutungen bezüglich des Einflusses von Licht und der Dauer der Gewitter falsch lagen. Um diese Vermutungen zu beweisen oder zu widerlegen, führten wir den zwölfstündigen Versuch zu einem späteren Zeitpunkt auch einmal ohne Ruhepausen durch. Da wir von der Umsetzung her nicht die Zeit besaßen einen Versuch zwölf Stunden lang zu beobachten, testeten wir während des Zweitversuchs auch den Einfluss von erhöhter Temperatur, wobei wir uns auf die Reaktions-Geschwindigkeits-Temperatur-Regel beziehen, welche besagt, dass sich bei einer Temperaturerhöhung um zehn Grad Celsius die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt. Da der Versuch bei 80°C durchgeführt wurde, musste also eine erhebliche Steigerung der Menge der entstandenen Aminosäuren eintreten. Auch die Durchführung ging nicht ohne Komplikationen von statten. Direkt zu Beginn stieg der Druck innerhalb der Apparatur so schlagartig an, dass die einzelnen Teile an den Schliffverbindungen schneller auseinander sprangen als der schwimmende Kolben sich heben konnte. Die wahrscheinlichste Erklärung für einen derartigen Druckanstieg liegt darin, dass größere Teile des leicht flüchtigen Ammoniaks vom gelösten Zustand wieder in den gasförmigen Zustand übergingen und sich somit das Volumen vervielfacht hatte. Im weiteren Versuchsverlauf stellte sich heraus, dass der Aufbau nicht zu 100% dicht abschloss sondern kleineren undichte Stellen aufwies, was uns dazu zwang den Versuch mehrmals zu unterbrechen um wieder Methan nach zu füllen. Auch bereiteten uns in der praktischen Durchführung die benannten Kohlenstoffbrücken Probleme, die erst nach einer gewissen Zeit entstehen da das Methan auch erst in entsprechender Menge gespalten werden muss, um solche Mengen an reinem Kohlenstoff zu gewinnen. Nicht zuletzt bereitete uns auch technisches Versagen Schwierigkeiten. Die ersten zwei Verwendeten Spannungsindikatoren hielten der Dauerbelastung nicht stand, waren sehr schnell defekt oder wenigstens die Sicherung war durchgebrannt. Erst mit einem Gerät, das eine derartige Sicherungsschaltung nicht besaß, war es uns möglich den Versuch problemlos durch zu führen.

4. Auswertung/Chromatographischer Nachweis von Aminosäuren

4.1.1. Fluoreszenzmarkierung von Aminosäuren

Da es außerhalb unserer Möglichkeiten stand, eine quantitative Analyse der entstandenen Aminosäuren durch zu führen, nahmen wir nur eine qualitative Analyse vor. Normalerweise nutzt man zum Nachweis von Aminosäuren die Dünnschichtchromatographie, die mit Hilfe

von Ninhydrin eine für Alpha-Aminosäuren spezifische Reagenz darstellt. Dieser Nachweis ist an dieser Stelle allerdings gänzlich ungeeignet, da es in ammoniakalischem Milieu keine eindeutigen Folgerungen zulässt. Daher nutzten wir das aufwendigere aber präzisere Dansyl-Verfahren. Dabei reagieren die Aminosäuren mit Dansylchlorid (1-di-methylamino-naphtalin-5-sulfonyl-chlorid) und zeigen unter UV-Licht eine starke gelb-grüne Fluoreszenz. Nur so können die Aminosäuren eindeutig auf Mikropolyamidfolien chromatographisch von anderen entstandenen Stoffen unterschieden werden.

4.1.2.Dansylisierung

Um die Dansylisierung durchführen zu können, muss den Proben der Ammoniak möglichst vollständig ausgetrieben werden. Um dies zu erreichen, erhitzt man diese auf maximal 40°C. Die Temperatur sollte auf keinen Fall höher sein, da sonst andere leicht flüchtige Substanzen ebenfalls verschwinden. Anschließend werden die Proben mit einer Pufferlösung (pH=10,05) versetzt. Pufferlösungen dienen im Allgemeinen dazu den pH-Wert stabil zu halten. In diesem Fall bedeutet das bei einer stark basischen Pufferlösung, dass der pH-Wert der Lösung auch dann relativ konstant bleibt, selbst wenn diese mit sauren Stoffen in Berührung kommt. Dies ist notwendig, da Aminosäuren selbst sauer sind und in einem sauren Milieu nicht mehr so einfach nachgewiesen werden könnten. Die wichtigste Funktion ist hier also die Bindung des freiwerdenden Chlorwasserstoffs, den man in gelöster Form unter dem Namen Salzsäure kennt. Nun muss man noch eine heißgesättigte Lösung von Dansylchlorid in Aceton dazu geben. So muss das Gemisch ca. eine halbe Stunde bei 37°C im Dunkeln lagern. Auch hier traten wieder Probleme auf, die es zu bewältigen galt. Da man an dem uns zur Verfügung stehenden Wärmeschrank keine 37°C einstellen konnte, mussten wir auf ein Wasserbad zurückgreifen welches natürlich bei weitem schwieriger eine konstante Temperatur hält.

4.2.Chromatographische Trennung

Nachdem die Dansylisierung nach erheblichen Schwierigkeiten letztendlich geglückt war, konnten wir sofort zur chromatographischen Trennung übergehen. Hier beginnt man mit der eindimensionalen Chromatographie. Dazu müssen mit einer Kapillare mehrere Male einige Tropfen der dansylierten Probe auf Mikropolyamidfolie aufgetragen werden. Dieser Punkt wird nun markiert und die Folie senkrecht in ein Laufmittel gestellt. In diesem Fall haben wir als Laufmittel eine 1,5-prozentige Ameisensäure verwendet. Damit diese nicht verdunstet haben wir das Becherglas mit einem Uhrglas zugedeckt. Nach drei Minuten nahmen wir die Folie aus dem Laufmittel und trockneten sie mit einem Föhn. So konnten wir unter UV-Licht auf den einzelnen Folien erkennen, dass sich ab einer gewissen Zeitspanne die Aminosäuren

geradezu exponentiell gebildet haben. Auch bewies sich an dieser Stelle ganz klar, dass der durchgängige Versuch mit erhöhter Temperatur ein wesentlich deutlicheres Ergebnis erzielte. Um nun eine zweidimensionale Chromatographie zu erstellen, welche man dann mit schon dansylierten Proben vergleichen kann, musste die Mikropolyamidfolie um 90° gedreht werden und in ein neues Becherglas mit einem Laufmittel für die zweite Dimension gestellt werden. Hier bestand das Laufmittel aus Benzol und Eisessig (9:1). Auch hier mussten wir das Becherglas verschließen, um eine Verdunstung des Laufmittels zu verhindern. Nach ca. 5 Minuten kann man die Folie wieder entnehmen und nun hätten wir eigentlich unter UV-Licht einzelne Punkte mit unterschiedlicher Stärke erkennen müssen. Dies war allerdings nicht der Fall. Da die zweidimensionale Chromatographie aber nicht ausschlaggebend für das Versuchsergebnis ist begnügten wir uns mit der eindimensionalen Chromatographie und dem eindeutigen optischen Beweis, dass Aminosäuren entstanden sind.

5. Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie auch schon Miller, gelang es uns Aminosäuren her zu stellen. Da der Versuch unter möglichst konstanten abiogenen Bedingungen statt fand, muss man schlussfolgern, dass die Glaubhaftigkeit der chemischen Befunde des Miller-Urey-Experiments zum wiederholten Mal bewiesen wurden. Allerdings muss gesagt werden, dass die Details der simulierten Bedingungen noch bis heute stark in der Kritik stehen.

6. Wissenschaftliche Kritik am Miller-Uray-Experiment

In der Hauptsache bezieht sich die Kritik am Miller-Uray-Experiment auf die angenommene Zusammensetzung der Uratmosphäre. So erklärte Philip H. Abelson, ein amerikanischer Physiker, Chemiker und zeitweiliger Herausgeber der Fachzeitschrift Science 1966, dass sich Wasserstoff nicht auf der Erde hätte halten können, da deren Gravitation zu dieser Zeit noch nicht stark genug war und sich der Wasserstoff somit sehr leicht in den Weltraum verflüchtigt hätte. Ebenso haben Experimente bewiesen, dass Methan und Ammoniak durch die UV-Strahlung der Sonne photochemisch zersetzt werden. Auch dieser Vorgang war zur von Miller angegebenen Zeit sehr leicht möglich, da die heute schützende Ozonschicht noch nicht existierte. So wären diese Substanzen mit den Spaltprodukten des Wassers zu Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid und Stickstoff oxidiert worden. Einen weiteren Beweis findet Abelson in den Sedimentschichten der Erde. Denn wenn eine größere Menge Methan in einer stark reduzierten Atmosphäre bestrahlt wird, entstehen hydrophobe organische Moleküle die dann mit dem Lehm gesunken wären. Da man allerdings keine größeren Mengen Kohlenstoff von organischen Chemikalien in den Sedimentschichten fand, ist dies ein Gegenbeweis. Hingegen

fand man beträchtliche Mengen Kohlenstoffdioxid. Nun entstehen bei der Synthese von Aminosäuren im Miller-Experiment nur kleine Mengen Blausäure und der einfachsten Aminosäure Glycin. Derartige Substanzen können sich ohne reduzierte Atmosphäre nicht in ausreichender Menge ansammeln, um eine weitere chemische Evolution zu betreiben. Ein weiterer Problempunkt ist, dass ein Großteil der in der Atmosphäre synthetisierten Produkte durch UV-Strahlung zerfällt. So war eine genügend große Konzentration für eine Polymerbildung in den Urmeeren, die schließlich den gesamten Planeten bedeckten, gar nicht möglich. Von diesen Fakten ausgehend, stellte man die These auf, dass die Biosynthese nicht in den Urmeeren sondern in den später entstandenen Sümpfen von Statten ging. Aber auch hier können die Reaktionen nicht ohne weiteres funktionieren. Die Synthese von Aminosäuren ist eine Gleichgewichtsreaktion und wenn diese in wässrigem Milieu abläuft, verschiebt sich das Gleichgewicht hin zur Aufspaltung in die Edukte. So musste man davon ausgehen, dass die Reaktionen etwa durch Mineralien katalysiert wurden.

Literaturverzeichnis

Bayrhuber, Horst Prof. Dr./ Prof. Dr. Ulrich Kull (Hrsg.), Linder Biologie Gesamtband, 22. Auflage, Braunschweig 2005

Dickerson, Richard E., Chemische Evolution und der Ursprung des Lebens

Römp Chemielexikon

Grzimek, Bernhard Dr. Dr. H.C./ Prof. Dr. Gerhard Heberer/ Herbert Wendt (Hrsg.), Grzimeks Tierleben. Entwicklungsgeschichte der Lebewesen, Zürich 1972

Spektrum der Wissenschaften Dossier, Ausgabe 1/2006, Heidelberg 2006

Himmelein, Sabine, Der Ursprung des Lebens – Das Miller-Experiment, Februar 2003
<http://abenteuer-universum.de/miller1.html>

Maey, Prof. Dr., Urzeugung. Abiogene Synthese von Aminosäuren (Stanley-Miller-Versuch), in: Biologie unserer Zeit, Nr.1 (1980), 10. Jahrg.

Selbstständigkeitserklärung

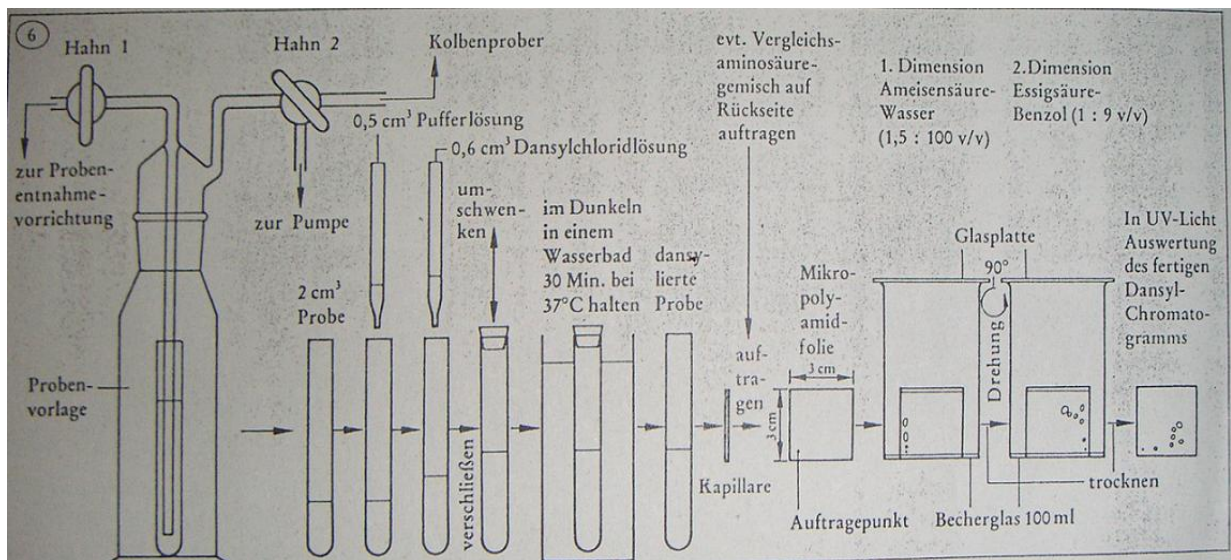
Hiermit bestätige ich, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt habe und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen verwendet habe.

Anhang

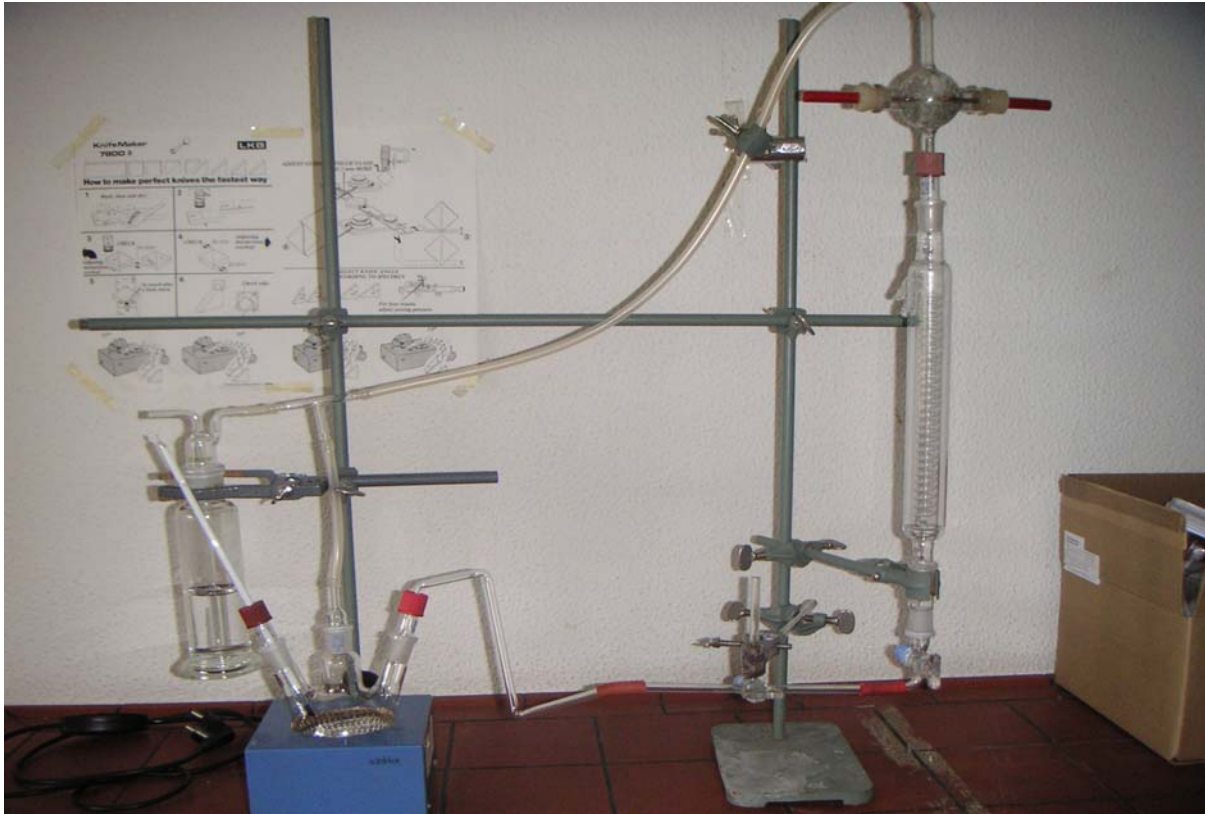
Skizze des erhaltenen Ergebnisses der ein-dimensionalen Chromatographie unter UV-Licht



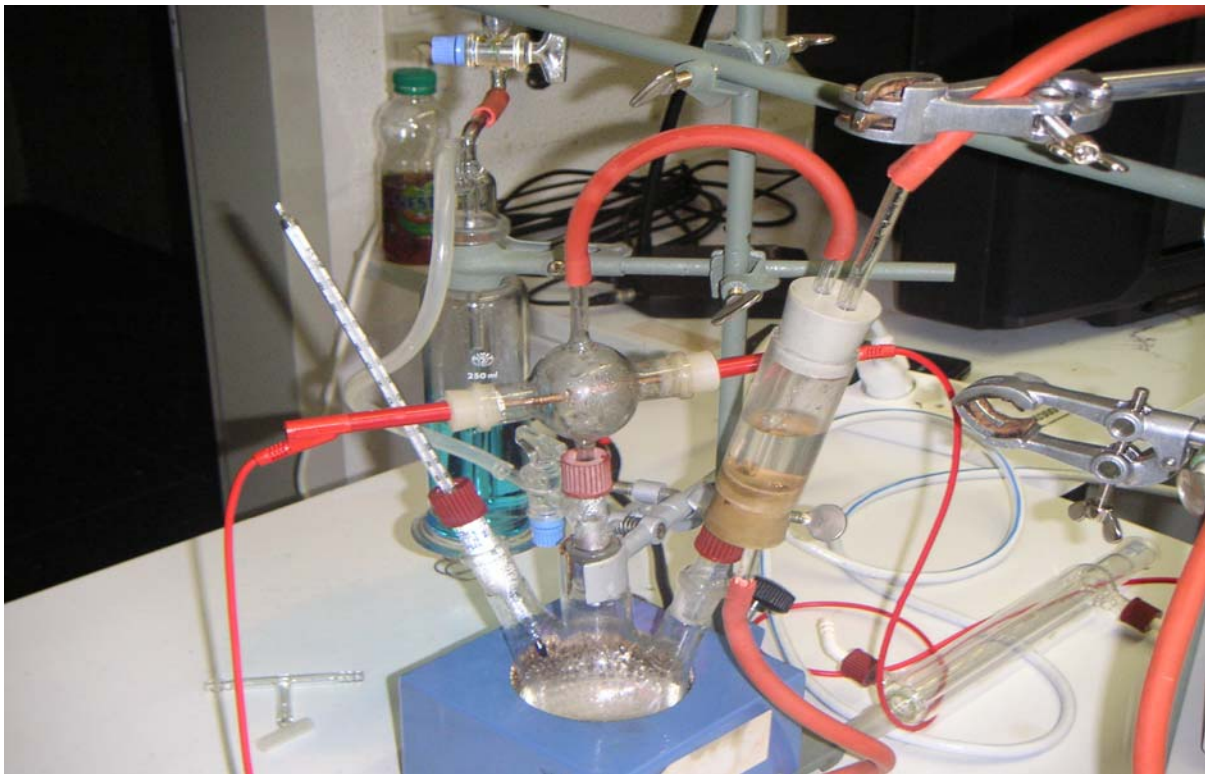
Vorgehensweise bei der Dansylisierung



Stanley-Miller-Originalaufbau



Versuch mit verkürzten Leitungen



Letztendlicher Versuchsaufbau

