

Die Maillard-Reaktion in der Synthesemikrowelle

Eine Arbeit von Laurence Heins und Henry Eckelmann für Jugend forscht

Inhalt

- Jugend forscht am Gymnasium Altona (S. 3)
- Kurzfassung (S. 4)
- Einleitung (S. 4)
- Vorgehensweise, Materialien und Methode (S. 5-6)
- Ergebnisse (S. 7-12)
- Diskussion (S. 13)
- Zusammenfassung (S. 13)
- Quellen- und Literaturverzeichnis (S. 13)

Jugend forscht am Gymnasium Altona

Wir haben als erstes Team vom Gymnasium Altona bei Jugend forscht teilgenommen. Jugend forscht ist ein Wettbewerb für Jugendliche ab Jahrgang 9, bei dem man zu einem Thema eine wissenschaftliche Arbeit durchführt.

Zur Bearbeitung einer selbst gewählten Aufgabenstellung hatten wir ungefähr ein halbes Jahr Zeit verschiedenste Forschungsarbeiten durchzuführen. Die Ergebnisse wurden dann am Ende in einer Ausarbeitung zusammengefasst und übersichtlich dargestellt. Bei der eigentlichen Wettbewerbs-Veranstaltung waren dann alle Teilnehmer aus dem Raum Hamburg-Volkspark anwesend und bekamen die Möglichkeit, ihre Ergebnisse einer Jury zu präsentieren. Die Jury hat das Projekt dann anhand der schriftlichen Ausarbeitung und der Präsentation bewertet.

Da wir an unserer Schule sehr gut ausgestattete Chemie-Labore haben, bot es sich an diese gute Ausstattung auch zu nutzen. Mit unserem Projekt wollten wir die Maillard Reaktion untersuchen. Der Titel lautet: Die Maillard-Reaktion in der Synthesemikrowelle. Die Maillard Reaktion ist eine Chemische Bräunungsreaktion, bei der Aminosäuren mit Zuckern reagieren. Bei dieser Reaktion entsteht eine Vielzahl neuer Stoffe, welche unter anderem für den guten Geschmack von Grillfleisch oder Kaffee verantwortlich sind. Ziel war es die Einflussfaktoren und die damit verbundenen Auswirkungen der Maillard-Reaktion zu untersuchen und zu charakterisieren.

Am zweiten Veranstaltungstag gab es dann die Siegerehrung. Der erste Platz aus dem jeweiligen Bereich kommt dann in die nächste Wettbewerbsrunde. Der wurde allerdings diesmal im Bereich Chemie gar nicht vergeben. Wir haben mit unserer Arbeit den zweiten Platz von 15 Teams im Bereich Chemie belegt und ein Preisgeld von 60 € gewonnen. Zusätzlich haben wir einen Sonderpreis für wissenschaftliches Arbeiten gewonnen. Der Sonderpreis beinhaltet ein spezielles Forschungs-Praktikum am Fraunhofer Institut.

Wir konnten im Rahmen unserer Forschungsarbeit viel lernen und können diesen Wettbewerb wirklich weiterempfehlen.

Laurence Heins und Henry Eckelmann

Kurzfassung

Wir haben in unserem Projekt Lösungen aus Aminosäuren und reduzierenden Zuckern im UV/VIS Spektrometer untersucht. Die Lösungen wurden per Mikrowelle erhitzt, dabei entstehen durch die Maillard-Reaktion viele verschiedene neue Stoffe und Aromen.

Es wurden verschiedene Lösungen angesetzt, dabei wurden die Reaktionsbedingungen variiert und Messreihen erstellt.

Es wurden 3 Synthese- und Messreihen mit Glycin-Glucose-Lösungen durchgeführt. Bei diesen Reihen wurde der Umfang der Maillard-Reaktion im 1:1 Stoffmengenverhältnis und sowohl mit verdoppelter Stoffmenge an Glycin, als auch an Glucose untersucht.

Um bessere Vergleichswerte zu erhalten, wurde außerdem untersucht, wie sich die Edukte beim Erhitzen verhalten, wenn sie einzeln in Lösung vorliegen. Dazu wurden jeweils Lösungen angesetzt, welche nur Glycin und nur Glucose enthielten und in der Mikrowelle erhitzt. Auch diese wurden per UV/VIS Spektrometer untersucht. Die UV/VIS-Analyse fand im Wellenlängenbereich von 800 nm – 200 nm statt.

Zur Analyse haben wir das UV/VIS Cary 50 Varian Spektrometer und für die Synthese die CEM Discover LabMate Mikrowelle genutzt.

Man kann aus den Ergebnissen schlussfolgern, dass die Maillard-Reaktion nicht proportional zur Temperatur abläuft und dass bei der Reaktion die Konzentration an Glucose den größeren Einfluss hat.

Einleitung

Unser Ziel bei diesem Projekt ist es, mithilfe einer Synthesemikrowelle Aussagen über die Reaktionsbedingungen von Aminosäuren und Zuckern zu treffen.

Um dieses Reaktionsmodell möglichst zu vereinfachen haben wir uns dafür entschieden, die einfachsten Bausteine für eine Maillard-Reaktion zu wählen. Glucose ist als Monosaccharid einer der einfachsten reduzierenden Zucker. Das gilt ebenfalls für Glycin als Reaktionsbaustein, welches die einfachste vorhandene Aminosäure ist.

Um einen Wasserverlust der Lösungen zu vermeiden, also die Konzentration an Substanz nicht zu verändern und gleichzeitig Temperaturen von bis zu 170 °C zu gewährleisten, hat sich die Synthesemikrowelle als besonders hilfreich erwiesen, da wir so mit abgedichteten Reagenzgläsern und erhöhtem Druck arbeiten konnten.

Natürlich wollen wir uns auch die Effizienz der verschiedenen Reaktionsbedingungen vor Augen führen.

Vorgehensweise, Materialien und Methode

Für die Synthese von den Maillard-Produkten wurde D-(+)-Glucose und Glycin verwendet. Es wurde mit wässrigen Lösungen gearbeitet. Bei der Synthese wurden je 3 ml Flüssigkeit in der Mikrowelle (Modell: CEM Discover LabMate) 5 Minuten auf der Zieltemperatur erhitzt. Das Ansetzen der Lösungen geschah stets mit Vollpipetten, das Abwiegen der Chemikalien mit einer Analysewaage.

Es wurden 3 Synthese- und Messreihen mit Glycin-Glucose-Lösungen durchgeführt. Bei diesen Reihen wurde die Maillard-Reaktion mit den Edukt-Molverhältnissen 1:1, 2:1 und 1:2 untersucht.

Darüber hinaus wurden Lösungen von Glucose und Glycin getrennt untersucht, sowohl erhitzt als auch nicht.

Die quantitative Auswertung erfolgte durch Messung der UV/VIS-Spektren mit Hilfe eines Varian UV/VIS Cary 50 Spektrometers.

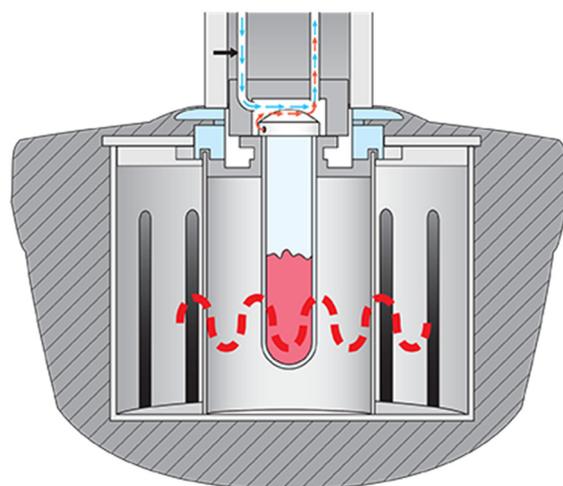
Synthesemikrowelle

Eine Synthesemikrowelle funktioniert vom Prinzip her wie eine herkömmliche Mikrowelle. Die zu synthetisierenden Stoffe werden durch Mikrowellenstrahlung erhitzt. Dabei gibt es einige Vorteile, die die Synthesemikrowelle bietet. Die Reaktionsbedingungen, wie z.B. die Temperatur, können exakt eingehalten werden. Des Weiteren wird in einem geschlossenen System gearbeitet, womit äußere Einflüsse während der Synthese ausgeschlossen werden. Außerdem kann mit weitaus geringeren Mengen an Edukten gearbeitet werden, was die Arbeit mit den Stoffen erleichtert. Hilfreich ist außerdem, dass die Mikrowelle Temperatur, Druck und Leistung aufzeichnen kann.

Querschnitt einer Synthesemikrowelle



CEM Discover LabMate



Zur Mikrowellenchemie

Der Vorteil beim Synthetisieren mit Mikrowellentechnik ist, dass durch das homogene Erwärmen eine viel bessere Energieeffizienz erreicht wird. So muss man hier nämlich nicht mit Wärmeübertragung arbeiten, wie es z.B. bei einem Magnetrührer der Fall ist. Außerdem können wir hier die verwendete Wärmemenge relativ exakt beobachten und kontrollieren.

Zur Analyse mit dem UV/VIS Spektrometer

Nachdem sich Verfahren wie die Dünnschichtchromatographie als unbrauchbar erwiesen haben, haben wir ein UV/VIS Spektrometer verwendet, um eine messbare Größe für die Maillard-Reaktion zu haben. Hier gehen wir davon aus, dass die Melanoidine, also die färbenden Stoffe in der Substanz einen geeigneten Indikator für die Maillard-Reaktion abgeben. Die Absorptionswerte (Abs) stehen hier also für die Absorbierte Menge an Licht bzw. die Trübheit der Lösung. Die in den Tabellen eingetragenen Werte sind die sog. Peaks, also die relevanten Hochpunkte in den Graphen. Für die Analyse haben wir die Lösungen im Verhältnis 1:100 mit destilliertem Wasser verdünnt. Das Verdünnen erfolgte mit Eppendorf-Pipetten.

UV/VIS Spektroskopie

Die UV/VIS Spektroskopie ist ein quantitatives spektroskopisches Analyseverfahren, bei dem Licht mit Wellenlängen von ca. 800-200 Nanometern eingesetzt wird.

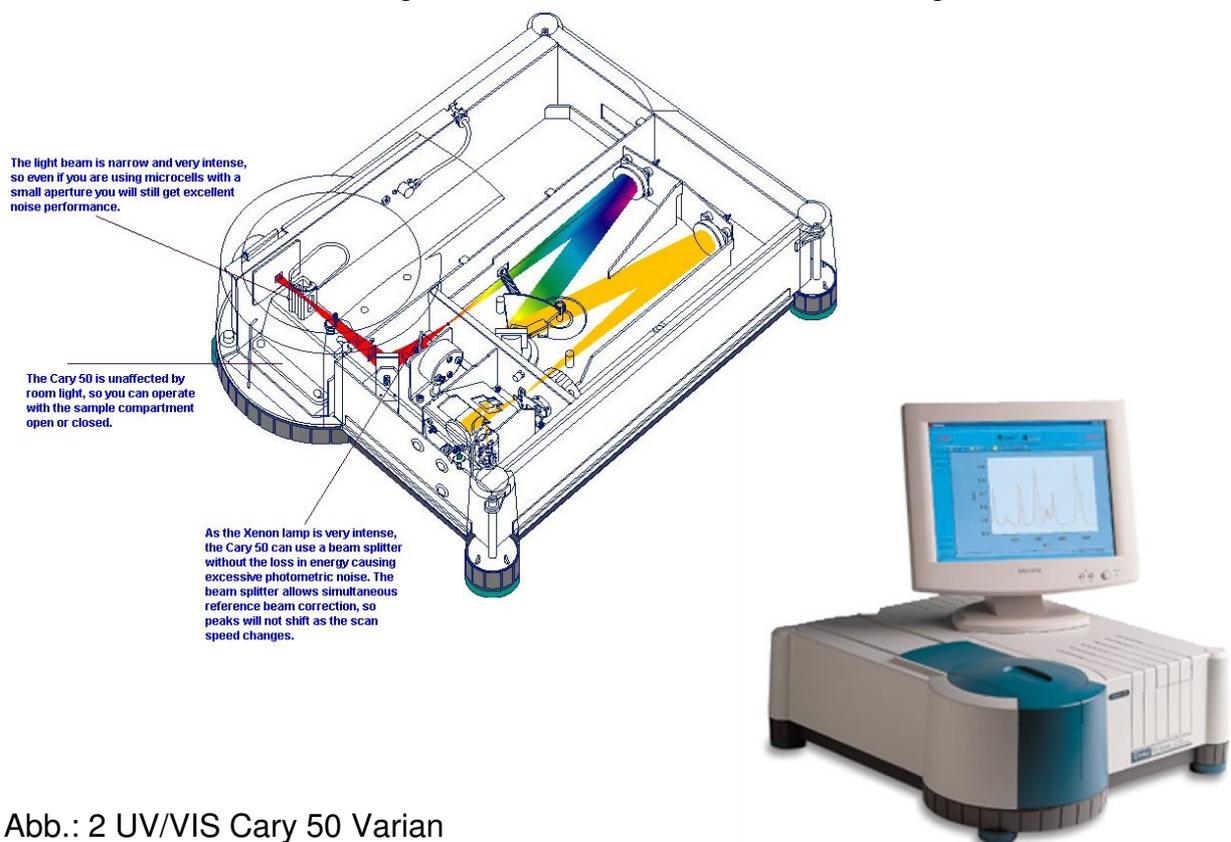
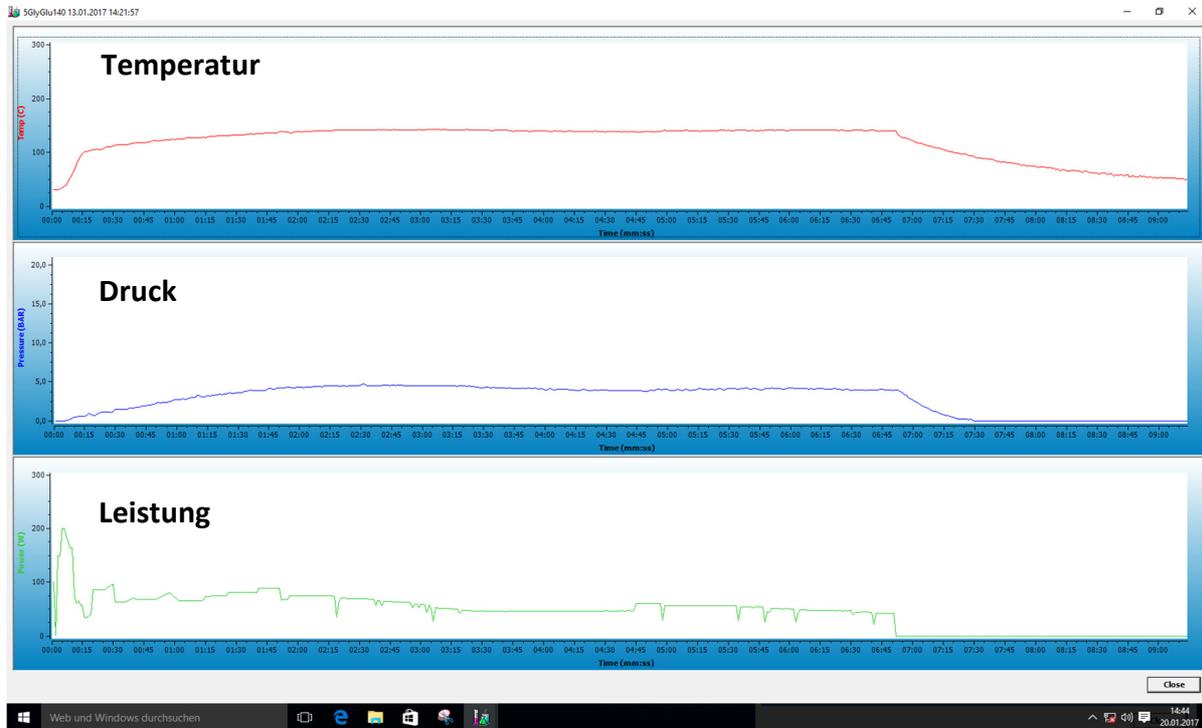


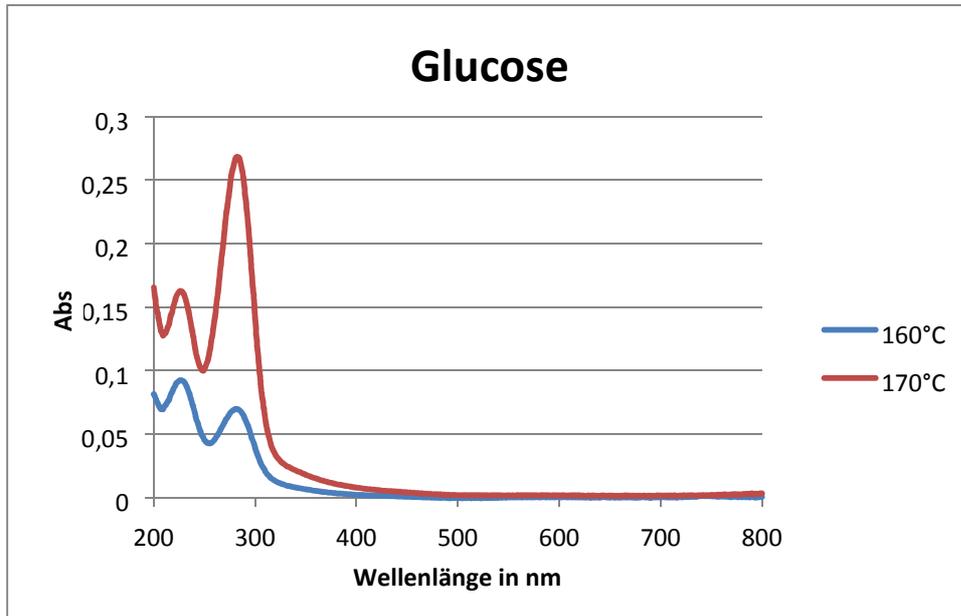
Abb.: 2 UV/VIS Cary 50 Varian

Ergebnisse

Reaktionsverlauf Synthese-Mikrowelle 140 °C



Erhitzen: Glucose

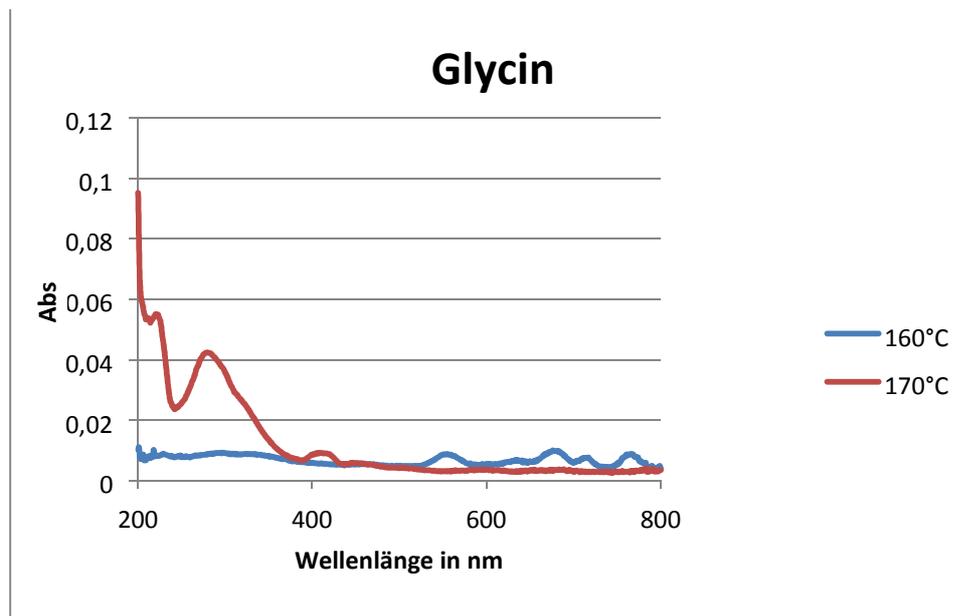


UV/VIS Spektrum: Glucose

Tabelle 1:

Temp	Peak 1		Peak 2	
	Wellenlänge in nm	Abs	Wellenlänge in nm	Abs
160 °C	233	0,0865	280	0,0698
170 °C	230	0,1598	283	0,2684

Erhitzen: Glycin



UV/VIS Spektrum: Glycin

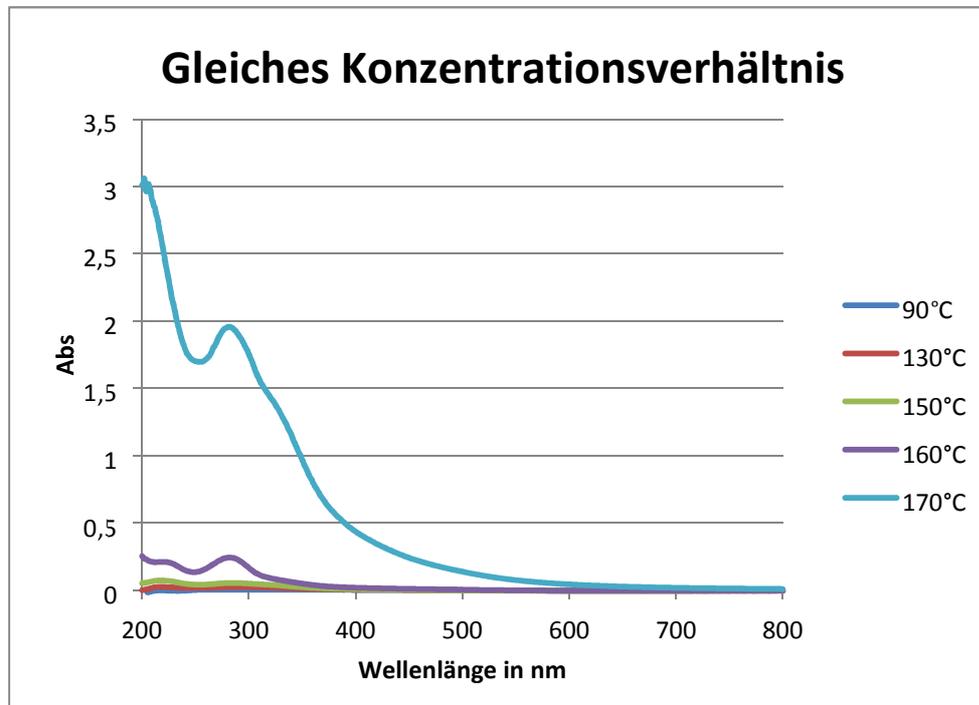
Tabelle 2:

	Peak 1		Peak 2	
Temp	Wellenlänge in nm	Abs	Wellenlänge in nm	Abs
160 °C	243	0,0079	302	0,0090
170 °C	243	0,0241	281	0,0422

Man sieht hier bereits, dass die Absorptionen bei Glucose erhöht sind, im Vergleich zu den Werten vom erhitzten Glycin.

Versuchsreihe 1

Glycin/Glucose (1:1)



UV/VIS Spektrum: Glycin/Glucose (1:1)

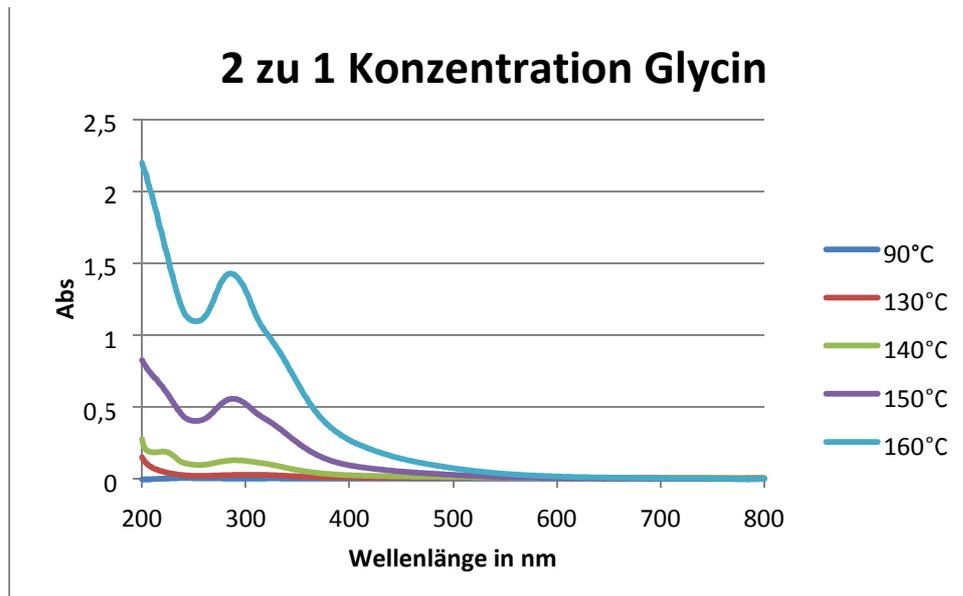
Tabelle 3:

	Wellenlänge in nm	Abs
90 °C	272	0,0066
130 °C	287	0,0246
150 °C	283	0,0557
160 °C	282	0,2453
170 °C	281	1,9597

Man erkennt hier deutlich, dass beim Erhöhen der Temperatur die Lösungen exponentiell mehr Licht absorbieren, also die Maillard-Reaktion ab 160 °C viel stärker abläuft. Hier ist also eine für die Reaktion ideale Temperatur erreicht.

Versuchsreihe 2

Glycin/Glucose (2:1)



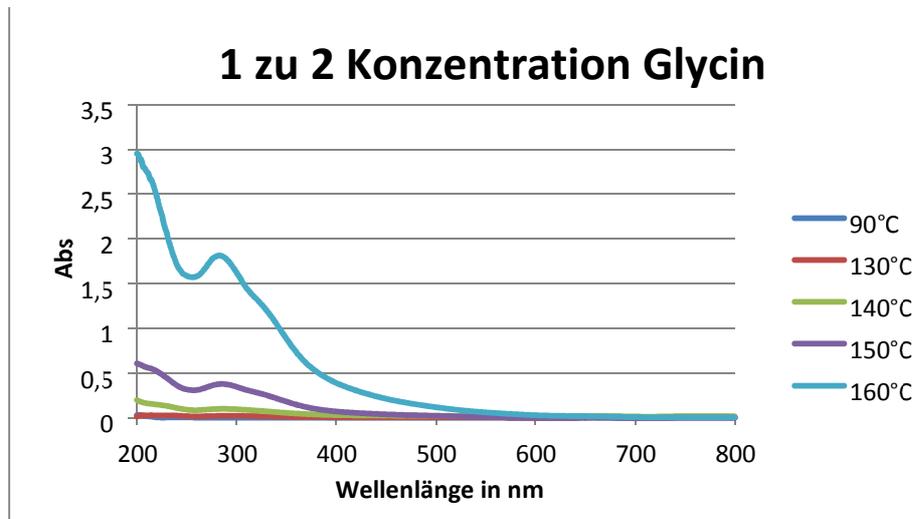
UV/VIS Spektrum: Glycin/Glucose (2:1)

Tabelle 4:

	Wellenlänge in nm	Abs
90 °C	322	0,0022
130 °C	301	0,0282
140 °C	290	0,1240
150 °C	288	0,5566
160 °C	285	1,4273

Versuchsreihe 3

Glycin/Glucose (1:2)



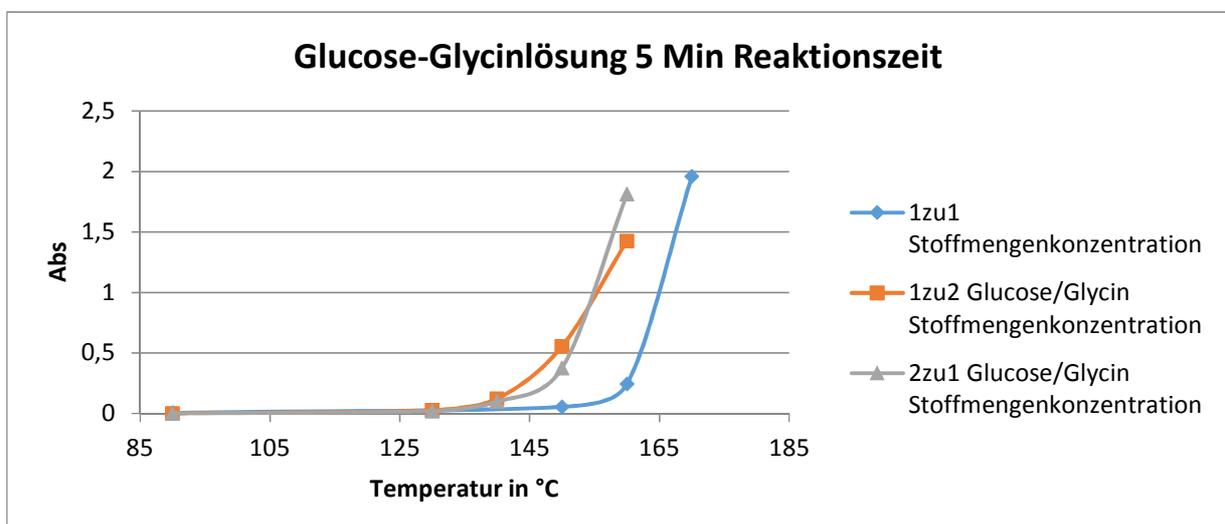
UV/VIS Spektrum: Glycin/Glucose (1:2)

Tabelle 5:

	Wellenlänge in nm	Abs
90 °C	310	0.0024
130 °C	291	0,0216
140 °C	288	0,0994
150 °C	285	0,3774
160 °C	283	1,8131

Man sieht hier deutlich, dass die Reaktion bei einer erhöhten Menge Glucose verstärkt abläuft als bei einer erhöhten Menge Glycin.

Vergleich: Reaktionsmischungen



Diskussion

Wie bereits erwähnt, erkennt man bei einer Temperatur von ca. 160 °C einen enormen Anstieg in der Trübung im Vergleich zu Lösungen bei anderen Temperaturen. Die Glucose also der Zucker hat bei der Reaktion einen stärkeren Einfluss als die Aminosäure. In weiteren Versuchsreihen könnte man dies mit anderen Aminosäure-Zucker Lösungen vermutlich bestätigen. Man sollte auch nicht Temperaturen von 170 °C überschreiten, da hier unerwünschte Nebenprodukte wie Acrylamid vermehrt entstehen.

Die Ideale Reaktionstemperatur liegt also um 160 °C. Eine weitere Versuchsreihe könnte sich mit dem Einfluss vom pH-Wert auf die Maillard-Reaktion beschäftigen.

Man muss allerdings bedenken, dass bei Synthesen bei höheren Temperaturen eine längere Aufheizzeit nötig ist, um die Zieltemperatur zu erreichen. So kann es vorkommen, dass bereits eine Reaktion stattgefunden hat, bevor die Zieltemperatur für 5 min. gehalten wurde. Dies fällt aber nicht sonderlich stark ins Gewicht.

Zusammenfassung

Die Maillard-Reaktion ist stark konzentrations- und temperaturabhängig. Bei der Konzentration hat der reduzierende Zucker einen stärkeren Einfluss als die Aminosäure. Die Synthesemikrowelle hat sich als sehr effizientes Gerät zur Synthese von Maillard-Produkten herausgestellt.

Die Farbintensität nimmt bei Zunahme der Temperatur nicht linear zu. Wird die Konzentration eines Reaktionspartners verdoppelt, wird ab ca. 150 °C eine starke Steigerung der Farbintensität erreicht. Bei gleicher Konzentration findet diese Steigerung der chemischen Reaktion bei ca. 160 °C statt. Da bei Temperaturen ab 170 °C vermehrt Acrylamide entstehen, welche potenziell krebserregend und somit unerwünscht sind, sollte diese Temperatur nicht überschritten werden. Ideale Reaktionsbedingungen liegen somit bei 160 °C, wobei Glucose einen stärkeren Einfluss auf die Ausbeute der Reaktionsprodukte hat.

Quellen- und Literaturverzeichnis

- Dr. Oliver Schuster, Lehrer, Gymnasium Altona, Hamburg; Art der Unterstützung: Beratung bei der Themenwahl, Einführung in die UV/VIS-Spektroskopie, Einführung in die Bedienung der Synthesemikrowelle.
- <https://www.verbraucherzentrale.de/acrylamid>
- Abb. 2: http://physik2.uni-goettingen.de/research/2_hofs/methods/uvvis/cary_ray/image_preview