

Aminosäuren: Bausteine des Lebens (Teil 2)



Klassenstufe	Oberthemen	Untertemen	Anforderungs-niveau	Durchführung	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
S2	Organische Chemie	Aminosäuren	●●	■	- ca. 10-30 min. ca. 45min.

Harald Scheve

Diese Versuchsanleitung ist eine Fortsetzung zum Thema: „Aminosäuren: Bausteine des Lebens“ und es gibt einen kleinen Exkurs in die Lebensmittelchemie.

Was erwartet Sie also diesmal?

Zuerst eine **interessante Sachanalyse**. Es bietet sich die Möglichkeit den Sachtext in **gekürzter Form als Lehrervortrag** den Schülern zu präsentieren oder die **Schüler bearbeiten den Text** mit Hilfe von Fragen. Als **zweites** lernen die Schüler anhand von drei Versuchen die **Ninhydrin-Reaktion** kennen. Einen kleinen Ausflug in die Kriminalistik erhöht die Motivation der Schüler zusätzlich.

Eingefügt in diese Sequenz ist die Anwendung einer Dünnschichtchromatographie. In einem **weiteren Teil** haben wir den Fokus auf einen interessanten Teil der Proteinfunktionen fokussiert. Es geht um **Enzyme!**

Zum Schluss bieten wir einen interessanten „Versuch“ an. Die **Herstellung von Gummibärchen**.

An welche Stelle können diese Versuche in den Unterricht integriert werden? Welche Voraussetzungen müssen die Schüler haben?

- Die homologen Reihen der gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffe muss im Unterricht ausführlich besprochen worden sein.
- Der Begriff der Isomerie sollte ausführlich behandelt worden sein.
- Die Schüler haben unterschiedliche Kohlenwasserstoffe mit den Molekülbaukästen gebaut.
- Die funktionelle Gruppe der Alkanole, Aldehyde, Ketone sollten im Unterricht behandelt worden sein.
- Ebenso sollten die Karbonsäuren in Herstellung, Vorkommen und Verwendung ausführlich behandelt worden sein.
- Polarität, Dipol und Wasserstoffbrückenbindung sollten schon eingehend im Unterricht behandelt worden sein.
- Teil eines Zyklus „Nährstoffe“. Zu den Nährstoffen gehören bekanntermaßen die Kohlenhydrate, Fette und Proteine.
- Die Schüler sollten sich wenigstens in der 10.Klasse befinden und schon einige Zeit Organische Chemie behandelt haben.

Besondere Highlights

Es gibt viele Schnittstellen in der Chemie, an denen der Chemielehrer unbedingt zugreifen muss!

- Stark fächerübergreifend. Aspekte aus der Biologie, Geographie und Ernährungslehre
- Proteine, Aminosäure haben direkt etwas mit der Lebenswelt der Schüler zu tun
- Möglichkeit eines Exkurses zur Ernährung, Chemie in der Küche (mit Möglichkeiten zu Projekten und mit neusten Erkenntnissen zur gesunden Ernährung).
- Die Gummibärchen sind natürlich ein stark motivierendes Element in der Themenreihe Aminosäuren.
- Einbeziehung der Molekülbaukästen zur Verdeutlichung von Peptidbindungen. Die Schüler sollen Dipeptide, Tri- etc. bauen
- Auch das Thema Insulin oder andere Krankheiten, die indirekt mit Aminosäuren zu tun haben können, sollte ebenfalls in den Unterricht integriert werden

Aminosäuren existieren auf der Erde mit Sicherheit bereits seit 3-4 Mrd. Jahren. Sie wurden aber auch in **Meteoriten** nachgewiesen. Die Möglichkeit ihrer Entstehung aus unbelebter Materie wurde verschiedentlich gezeigt (vgl. auch chemische Evolution).

Zuerst gab es den Urknall (wann genau?) Vor etwa 4,7Mrd. Jahren war die Erde wahrscheinlich von einer hauptsächlich aus **Wasserstoff, Wasserdampf, Methan, Schwefelwasserstoff und Ammoniak** bestehenden Atmosphäre umgeben. Die Umwandlung von einfachen Molekülen zur **Vielfalt der heutigen organischen Materie** bezeichnet man als **chemische Evolution**. Dabei kann man zwei Phasen unterscheiden:

Die Bildung z.B. einfacher Aminosäuren u. Zucker durch sehr elementare Reaktionen die Zusammenlagerung dieser einfachen Monomeren zu den natürlichen Polymeren Proteine, Stärke, Cellulose etc. (biochemische Evolution). Die ersten Schritte dieser Synthese aus der „Uratmosphäre“ wurden im Labor bereits „nachempfunden“. Man hat **CO₂, H₂O** und **Wasserstoff** mit **Elektronen** beschossen. Dabei entstand z.B. Ameisensäure und auch Formaldehyd (Zucker-Baustein). Dann hat man mit kurzwelligem UV- Licht eine Mischung aus CH₄, NH₃ und CO₂ bestrahlt. Bei diesem

Beschuss (der eben auch vor 4Mrd. Jahren bestand) entstanden auch **Aminosäuren**.

Wie schon erwähnt (siehe Oktober) sind die Aminosäuren auf der Erde allgegenwärtig Neben Kohlenhydraten u. Fetten sind sie die dritte große Gruppe von Nahrungs- u.

Reservestoffen. Auf der Anwesenheit bestimmter Makromoleküle aus Aminosäuren beruhen Struktur, Funktion und Stoffwechsel aller lebenden Zellen. Man kann auch sagen, dass die Proteine **Träger der Lebensfunktionen** schlechthin sind. Man findet sie gleichermaßen in Tieren, Pflanzen u. Mikroorganismen, in den Muskeln, im Blut... Eine vollständige Aufzählung erscheint weder möglich noch sinnvoll!

Vielfältig sind auch die **Funktionen der Proteine** im Organismus: Heute sind mehr als **1000 Enzyme** bekannt. Bei vielen von ihnen sind die Funktion und auch die Aminosäuresequenz bekannt. Die **zahlreichen Stoffwechselvorgänge** wären **ohne Enzyme undenkbar**.

Enzyme sind also **Biokatalysatoren**, die dafür sorgen, dass die Aktivierungsenergie für die zahlreichen chemischen Reaktionen in unserem Körper herabgesetzt werden. Nur dadurch ist es möglich, dass der menschliche Körper keine Temperatur von mehreren Hundert Grad annimmt. Die Benennung der Enzyme hat direkt etwas mit der Wirkungsweise zu tun.

Normalerweise hängt man an den Namen des Stoffes, auf den das Enzym wirkt, die Endung -ase an. Ein Enzym, der den Harnstoff zersetzt (lat. Urina: Harn) heißt danach jetzt Urease. Man hat allen Enzymen die **Endung -ase** gegeben. Für einige schon vor Jahrzehnten entdeckten Enzyme hat man den Trivialnamen beibehalten wie **Pepsin oder Lysozym**. Enzyme sind grundsätzlich nur in einem begrenzten Temperaturbereich wirksam, der meist zwischen 20 °C und 65 °C liegt. Ebenso enorm ist die Bandbreite der Fähigkeiten der Enzyme: Mit Hilfe von Enzymen können große Moleküle umgebaut oder auch kleinere „zusammengeklebt“ werden. Viele natürliche Abbau-, Verdauungs- oder Gärungsvorgänge sind das Werk der Enzyme (siehe z.B. die Hefe).

Enzyme arbeiten effektiv und präzise: Sie wirken auf genau definierte Gruppen von Molekülen, die sie an bestimmten Stellen in einer spezifischen Weise aufschneiden oder modifizieren. Enzym und "Substrat" passen zueinander wie der **Schlüssel ins Schloss**. Diese Eigenschaften machen die Enzyme für viele technische Anwendungen hochinteressant. Allein in der Lebensmittelindustrie werden mehr als fünfzig Enzyme in unzähligen Präparaten eingesetzt. Die Produkte, die unter Anwendung technischer Enzyme erzeugt oder verarbeitet wurden, sind kaum noch überschaubar.



In fast allen modernen Waschmitteln sind Enzyme enthalten. Viele von ihnen sind mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt
Waschen mit Enzymen: Sie knacken hartnäckige Flecken - sogar bei niedrigen Waschttemperaturen.

Gentechnik ist in aller heute in aller Munde, allerdings bediente man sich schon seit Jahrhunderten der Enzyme....



Dass ein wenig **Kälbermagen** der Milch zugesetzt werden muss, damit sie dick wird und daraus Käse werden kann, ist ein **traditionelles Verfahren**. Ohne den Vorgang zu verstehen, nutzte man die Wirkung eines Enzyms, das in Zellen von Kälbermägen gebildet wird. Noch heute wird das für die Käseherstellung benötigte Labferment aus Kälbermagen gewonnen. Inzwischen sind jedoch weitere Herstellungswege hinzugekommen.

Beim Brotbacken aber auch bei der Herstellung alkoholischer Getränke bediente man sich seit Jahrtausenden der Enzyme, jedoch ohne deren Existenz überhaupt zu kennen....



Enzyme konservieren Mayonnaise und Eiprodukte, steuern die Reifung von fermentierten Lebensmitteln und Getränken. Käse oder auch Rotwein bekommt ein intensiveres Aroma.

Auch an der Gewinnung von färbenden Auszügen aus Früchten, Beeren oder Blattgrün sind sie beteiligt.

1. Unterrichtssequenz zum Nachweis

Mit einem projizierten Bild von Fingerabdrücken (Stummer Impuls) könnte man den Chemieunterricht beginnen. Die Schüler werden sich natürlich fragen, was Fingerabdrücke mit Chemie, genauer gesagt Organischer Chemie zu tun haben. Möglicherweise äußern sogar einige Schüler die Vermutung, dass die Abdrücke vom Schweiß herkommen und dass man sie durch eine spezielle Farbe hat sichtbar machen lassen.

1.1. Nachweis von Aminosäuren: Die Ninhydrin-Reaktion



Schülerversuch; 15 min.

Material

- 2 Bechergläser 250 ml
- Tropfpipette
- Trichter
- Glasstab)
- Watte
- 3 Reagenzgläser
- Reagenzglasständer
- 2 Messpipetten 5 ml
- 1 Messpipette 10 ml
- Messkolben 100 ml
- Becherglas oder Glaswanne
- Bunsenbrenner
- Drahtnetz
- Dreifuß
- Waage

Chemikalien

- ▶ Milch
- ▶ Eiweiß-Lösung (hergestellt aus dem Eiklar eines Hühnereies),
- ▶ Ethanol
- ▶ destilliertes Wasser,
- ▶ Ninhydrin-Lösung (0,1 g Ninhydrin in 10 ml 96 % Ethanol lösen und auf 100 ml mit destilliertem Wasser auffüllen)

Durchführung

Langsam sind wir Profis, denn jetzt trennen wir mal wieder das Eiklar vom Eigelb und versetzen das Eiklar mit 100 ml dest. Wasser. Mit dem ganzen Eigelb bereiten wir ein Omelett für die Fachkollegen der Chemie. Dann mischen und rühren wir und filtrieren die Lösung lediglich durch Watte.

Jetzt breiten wir 3 Reagenzgläser vor:

- 1) **1 Reagenzglas mit 5ml der Eiweißlösung**
- 2) **5ml dest. Wasser**
- 3) **5ml Milch**

Alle 3 Proben werden mit 1ml Ninhydrin-Lösung versetzt. Jetzt erhitzt man die Proben in einem siedenden Wasserbad.

Auswertung

Nach kurzer Zeit färben sich die die Lösung Im 1. bzw. 3. Reagenzglas rot- bis blauviolett. Erklärung siehe Sachtext unten....

Identifizierung von Aminosäuren**Kurze Sachanalyse**

Siegfried Ruhemann entdeckte im Jahre 1911, dass **Ninhydrin mit Aminosäuren und Peptiden** eine blauviolette Färbung ergibt, den so genannten "Ruhemannschen Purpur". Diese Farbreaktion ist sehr empfindlich, es lassen sich damit noch **sehr kleine Aminosäuremengen** nachweisen. Sie kommt beispielsweise bei Dünnschicht-Chromatogrammen von Aminosäuren zum Einsatz. Eine weitere auf dieser Reaktion basierende Anwendung von Ninhydrin ist die **Erstellung von Fingerabdrücken**. Da im Schweiß Aminosäuren vorkommen, können diese mit Ninhydrin reagieren und die Finger- bzw. Handabdrücke sichtbar machen.

Auch der Hautschweiß enthält Spuren von Aminosäuren. Fingerabdrücke auf Papier können daher mittels der Ninhydrin-Reaktion sichtbar gemacht werden.

Liegt ein Gemisch von Aminosäuren vor, dann kann man dieses mit Hilfe einer Dünnschichtchromatographie - in einzelne Aminosäuren auftrennen. Normalerweise nimmt man eine Glasplatte, auf der eine Schicht eines fein gepulverten Materials (Cellulose oder Kieselgel) aufgetragen wurde. Man gibt ein paar Tropfen, die Aminosäuren enthalten, auf eine vorher markierte Startlinie. Nun gibt man die Platte in einen Tank (mit einem entsprechenden Laufmittel), dabei ist darauf zu achten, dass nur die Unterkante der Dünnschichtplatte Kontakt mit dem Laufmittel hat. Nun steigt das Laufmittel – durch Kapillarkräfte – in der porösen Oberfläche der Platte langsam nach oben.

1.2. Nachweis von Aminosäuren mit der Dünnschichtchromatographie

Versuchsdauer: Min. 45min.

Material:

- Dünnschichtplatte (Kieselgurbeschichtung),
- Trockenschrank
- Pipette

Chemikalien:

- Wässrige Lösungen aus Glycin
- Leucin
- als **Laufmittel** nimmt man ein **Gemisch aus 1-Butanol/Eisessig/Wasser** (Verhältnis: 4:1:1)

Durchführung

Man tropft vorsichtig jeweils einen Tropfen auf die Unterkante der Platte. Dann tropft man ein Gemisch aus beiden Aminosäuren auf die Startlinie. Dann gibt man die Dünnschichtplatte in den Tank der vorher mit dem Laufmittel gefüllt wurde. Nach 30 min. entnimmt man die Platte und legt sie waagrecht in den Abzug aus, um das Fließ- bzw. Laufmittel verdunsten zu lassen. Dann besprühen wir die trockene Folie mit dem Ninhydrin-Reagenz. Jetzt legen wir die Platte für etwa 3 min. in den Trockenschrank.

Auswertung

Die im Gemisch enthaltenen unterschiedlichen Aminosäuren werden jetzt unterschiedlich mitgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Molekülgröße werden die einzelnen Aminosäuren unterschiedlich weit mitgeführt. Nach 25-30 min. entfernt man die Platte aus dem Tank. Nach kurzer Trockenzeit besprüht man die Platte mit einer Ninhydrin-Lösung. Die vorher farblosen Aminosäuren werden als violette Farbflecken sichtbar. Durch Vergleich mit den Reinsubstanzen, deren Lösung man vorher neben dem aufzutrennenden Gemisch aufgetragen hat, können die Aminosäuren an ihren Steighöhen identifiziert werden.

1.3. „Spurensuche“... oder wer war im Labor?

Dauer des Versuchs: 10min.

Material:

- Spritzflasche
- Papier
- Reagenzgläser

Chemikalien:

- 1%ige Ninhydrin-Lösung,
- Glycin, Leucin (oder auch Prolin) oder andere Aminosäuren.



Durchführung:

Finger- oder Handabdrücke auf Papier mit einer 1%igen Ninhydrin-Lösung besprühen und trocknen lassen. In einem Trockenschrank oder mit einem schwach eingestellten Bügeleisen auf 80-100°C erwärmen. Die Abdrücke werden als violette Verfärbungen sichtbar. In zwei Reagenzgläsern eine Spatelspitze Glycin bzw. Prolin in Wasser lösen, etwa 1 ml der Ninhydrin-Lösung zugeben und im Wasserbad erwärmen. Bei Prolin tritt eine Gelbfärbung auf, bei Glycin (und allen anderen Aminosäuren mit primären Aminogruppen) eine blaviolette Färbung.

Auswertung

Ninhydrin reagiert mit **primären Aminogruppen**. Die Aminosäure wird dabei decarboxyliert (CO_2 wird abgespalten) und die Aminogruppe auf Ninhydrin übertragen. Aus der Aminosäure entsteht ein Aldehyd. Mit einem zweiten Ninhydrin-Molekül wird das Produkt gebildet, der als **Ruhemanns Purpur** bezeichnete Farbstoff.

Prolin enthält eine **sekundäre Aminogruppe** (es sind also zwei Kohlenstoffatome an Stickstoff gebunden). Die Aminogruppe kann nicht auf Ninhydrin übertragen werden. Es bildet sich ein gelb gefärbtes Additionsprodukt aus je einem Molekül Ninhydrin und Prolin. Die Reaktion ist dabei relativ empfindlich und Reste von Aminosäuren können noch nach Jahren nachgewiesen werden. Gerade auch in der **Kriminalistik (Spurensuche) findet diese Methode** ihre Anwendung.

Versuchsreihe zu Enzymen (Urease)

2.1. Urease

Material:

- Erlenmeyerkolben
- Brenner



Chemikalien:

- Harnstofflösung
- Urease
- Phenolphthalein
- Sojabohnen oder andere eiweißhaltige Nahrungsmittel
- Mörser mit Pistill

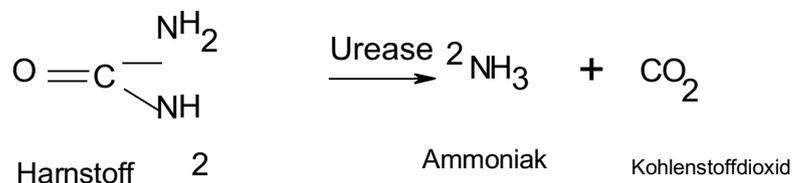
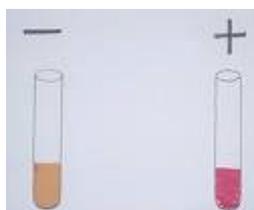


Durchführung:

- (1) Zuerst wird eine Harnstofflösung (1%) mit Phenolphthalein versetzt und zum Sieden gebracht.
- (2) Eine ebenfalls 1%ige Harnstofflösung mit Phenolphthalein versetzt und dann mit einer Sojabohnenaufschlämmung versetzt.
- (3) Lösung A mit Ureasesuspension versetzen.

Auswertung:

Während die Harnstofflösung mit dem Indikator beim Sieden offensichtlich nicht reagiert, gibt es im 2. Versuch eine allmähliche Reaktion. Im 3. Fall färbt sich Lösung sehr schnell rot. Urease ist ein die Reaktionsgeschwindigkeit steigernder Katalysator, der in biologischem Material vorkommt. Man verwendet diese Reaktion z.B. auch zur Harnstoffbestimmung in Schwimmbädern.



2.2. Versuch zu Enzymen (Katalase)

Material

- 2 Reagenzgläser oder auch Petrischalen

Chemikalien

- Rohe Kartoffeln,
- 5% Wasserstoffperoxidlösung
- verdünnte Salzsäure
- gekochte Kartoffeln

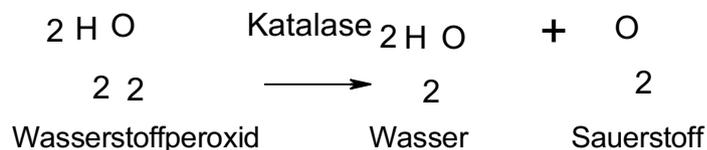
Durchführung

Wir füllen zuerst 2 Reagenzgläser mit einer 5% H₂O₂-Lösung dann geben wir folgendes dazu:

- (1) Geriebene, rohe Kartoffel
- (2) Zerdrückte, aber gekochte Kartoffel mit einigen Tropfen Salzsäure

Auswertung

Nur im 2. Reagenzglas kann man eine Reaktion beobachten. Bläschen zeigen auf. Dieses entstehende Gas kann man als Sauerstoff identifizieren.



Zwei Merkmale sind für Enzyme charakteristisch:

1. Enzyme sind in ihrer Wirkung stets nur auf einen Stoff spezialisiert – wie ein Schlüssel, der stets nur zu einem speziellen Schloss passt („**Schlüssel-Schloss-Prinzip**“)
2. Enzyme beeinflussen immer **nur eine bestimmte Reaktion**. Die Urease bewirkt z.B. die Zerlegung von Harnstoffmolekülen in Ammoniak- und Kohlenstoffdioxidmolekülen.

Tipp

Im Anschluss an diese kleine Versuchsreihe können tabellarisch mehrere im Organismus agierende Enzyme genannt und deren Funktion erläutert werden.

2. Gummibärchen, oder Chemie schmeckt gut....



Dauer des Versuchs: 2 Schulstunden müssen eingerechnet werden.

Impuls

Der Lehrer zeigt Gummi-Bärchen in der Klasse herum. Leider können die Schüler nicht im Chemiesaal probieren...

Was haben Gummibärchen mit Proteinen zu tun?

An dieser Stelle sollte der Lehrer ein kurzen Lehrervortrag zur Grundsubstanz von Gummibärchen halten. Noch besser wäre es, wenn die Schüler einen Sachtext bekommen, den sie anhand von Fragen bearbeiten sollen. Das Thema „Gummibärchen“ ist natürlich wieder sehr alltagstauglich und spricht die Schüler sehr stark an. Die Herstellung der Gummibärchen steht im Mittelpunkt dieser Reihe. Allerdings sollten die Inhaltsstoffe den Schülern ebenfalls bewusst werden. Da Gelatine eine Mischung aus sehr vielen Aminosäure ist, sind Gummibärchen mit Sicherheit gut für die Gesundheit. Leider ist die Menge an Zucker recht problematisch.

Sachtext:

Gummibärchen bestehen hauptsächlich aus Gelatine. **Gelatine ist ein Polypeptid** und besteht aus circa **250 Aminosäuren**, die durch Peptidbindungen verkettet sind. Gelatine enthält fast **alle essentiellen Aminosäuren** (Ausnahme: Tryptophan). Glycin, Prolin und Alanin kommen am häufigsten vor. Sie wird gewonnen durch Hydrolyse des in Haut und Knochen enthaltenen Kollagens (Bindegewebe) unter Einwirkung von Säuren oder Laugen gewonnen. Gelatine lässt sich sehr gut als Lebensmittelzusatz verwenden. Wenn man zu Gelatine warmes Wasser gibt quillt sie stark auf und löst sich dann unter Bildung einer zähflüssigen Lösung auf. Sind mind. 1% Gelatine in der Lösung enthalten, dann erstarrt die Lösung unter 35°C.

In der **Lebensmittelindustrie** findet Gelatine in Sülzen, Joghurts, Eis, Puddings etc. Verwendung. Außerdem verwendet z.B. der Winzer Gelatine, um den Wein zu klären. In der Kosmetik bildet Gelatine oft die Grundsubstanz von Cremes (Beseitigung von Falten), aber auch in der Medizin wird Gelatine zum Aufbau von Gelenkknorpel verwendet.

Bei Gummibärchen ist Gelatine die Grundsubstanz neben Zucker, Aroma- und Farbstoffen.

1. Versuchsreihe (Gummibärchen)

Material

- 2 Kochplatten
- 2 Töpfe (oder große Bechergläser)
- 1 Rührer, 1 Kuchenform oder Backblech
- 1 Tortenspritze (Plastikhandschuh ist auch geeignet; man fügt nur ein kleines Loch in den Handschuh... fertig ist die Spritze)
- Zahnstocher



Chemikalien

- Gelatine 50g
- Götterspeise (für die Farbe und den Geschmack!) (aber kein Instant)
- Honig (150g)
- Stärke
- ein Gummibärchen oder auch andere Form



Durchführung

Die Kuchenform brauchen wir jetzt, denn jetzt breiten wir die Stärke gleichmäßig darin aus. Nun speißen wir das Gummibärchen (aua!) auf den Zahnstocher und drücken es vorsichtig aber tief in das Stärkebett.

Im Becherglas (oder Topf) werden die Gelatine (50g), eine Packung Götterspeise mit etwa 5 Esslöffel kaltem Wasser etwa 20 Minuten zum Aufquellen stehen gelassen. Erst dann wird das Ganze vorsichtig erwärmt (leicht, nicht zum Kochen bringen!) bis sich alles aufgelöst hat.

In einem 2. Becherglas gibt man zu 100g Zucker 3 Esslöffel Wasser. Diese Mischung kocht man kurz auf und bringt das Zucker-Wasser-Gemisch in das 1. Becherglas. Jetzt fügt man noch den Honig hinzu. Die ganze Mischung wird gut verrührt, dann füllt man sie in die Tortenspritze. Die Mischung spritzt man jetzt in die vorher im Stärkebett eingegebenen Formen. Das Ganze lässt man dann erkalten und fertig sind die selbst gemachten Gummibärchen.