

Der Unterricht in der 8. Klasse

Es kommt zuweilen vor, daß der Lehrplan ungefähr gleiche Themen für die 8. und 9. Klasse angibt. Auf den ersten Blick kann das verwirrend sein; wenn man aber vor der Aufgabe steht, den Unterricht wirklich zu erteilen, merkt man bald, daß der Lehrstoff sich gliedert und ordnet und daß die für die Arbeit maßgebenden Gesichtspunkte so verschieden sind, daß nicht das geringste Durcheinander aufzutreten braucht.

Im Lehrplan der 8. Klasse wird besonders auf die Kohlehydrate, die Fette und das Eiweiß als Nahrungsmittel hingewiesen. In der 9. Klasse wird über die Elemente der organischen Chemie gesprochen. Letztere ist ein umfangreiches Gebiet, zu dem auch die Kohlehydrate, die Fette und sogar das Eiweiß gehören. Man wird nun während der Arbeit merken, daß man in der 8. Klasse allerlei tun und behandeln kann, für das in der 9. Klasse einfach keine Zeit bleibt. Wenn man seinen Ausgangspunkt gut wählt, wird man durch das Vorausgegangene den Unterricht in der 9. Klasse sogar stützen und fundieren können. Man muß dabei vor allem darauf achten, nicht Teile des Lehrstoffs und Begriffsformen zu früh zu behandeln. Gewöhnlich ist ein derartiges „Gelehrt-Tun“ die Folge einer gewissen Unbeholfenheit, eines Fehlens von Richtlinien oder eines nicht guten Beherrschens des Faches. In gewisser Hinsicht ist es die größte Kunst, aus einfachen Dingen etwas zu machen. Denn gerade damit erreicht man, daß die flammende Begeisterung des Kindes und seine Fähigkeit, tief in die Erscheinungen unterzutauchen, geschützt und gepflegt werden bis in die höheren Regionen der Schule.

Man beginnt in dieser Epoche am besten beim *Zucker*. Man untersucht z. B., wie Zucker sich zu Wasser verhält. Erst führt man die große Löslichkeit vor. Man tut dies, indem man in ein Becherglas etwas Wasser gibt und dieses erhitzt, bis es siedet. Dann gibt man vorsichtig Zucker hinzu, sorgt aber dafür, daß immer nur wenig auf dem Boden liegt. Inzwischen achtet man darauf, wie die Oberfläche der Flüssigkeit steigt. Die Lösung wird schließlich den mehrfachen Raum einnehmen als anfangs das reine Wasser. Dann läßt man die Flüssigkeit abkühlen. Sie wird erst syrupartig, dann zäh werden. Nach einiger Zeit beginnt die Kri-

stallation, wodurch die ganze Masse erstarrt. Man tut nun etwas, was für Kinder dieses Alters mehr denn je wichtig ist: man läßt sie überlegen, wo diese Erscheinungen zur Anwendung kommen. Kinder dieser Altersstufe sind mit ihren Interessen sehr stark auf die nüchterne Sphäre des täglichen Lebens gerichtet. Dem können wir mit diesem Fach besonders gut genügen. Die Mädchen vor allem kennen die behandelten Stoffe vom Kochen her. Nun lernen sie gedanklich zu durchschauen, was die meisten schon seit langem aus der Erfahrung kennen. Und in einigen Fällen können wir sogar Anweisungen geben, die sie wieder praktisch anwenden können.

Das Auflösen von Zucker und das Wieder-Erstarren-Lassen der Lösung wendet man u. a. an bei der Herstellung von Zuckerglasuren, Zuckerwerk, Syrup, Gelee, Marmelade, usw.

Nun bringen wir den Zucker mit Feuer in Berührung. Erst geben wir z. B. etwas davon in ein Reagenzglas und erhitzen dieses vorsichtig. Man sieht dann, wie der Zucker schmilzt. Wenn man wirklich ganz vorsichtig verfährt, bleibt die Flüssigkeit farblos. Andernfalls wird sie sehr schnell gelb werden und in einen schönen braunen, angenehm duftenden Zustand übergehen. Diesen Zustand des Zuckers nennt man Karamel. Man verwendet ihn u. a. bei der Zubereitung von Karamelpudding und bestimmten Näschereien.

Bei stärkerer Erhitzung gibt es ein heftiges Gebrodel, während die Flüssigkeit sich immer brauner bis ins Schwarze färbt. Zugleich beginnen große Mengen Rauch und brennbare Dämpfe zu entweichen.

Dieser Versuch läßt sich steigern, wenn man eine größere Menge Zucker in einem eisernen Becher mit einem losen Deckel verschließt. Wenn man den Becher nun erhitzt, gibt es ein gewaltiges Gepuffe und Geblase und Aufflammen. Die schwellende Masse drückt den Deckel hoch und trieft über den Rand. Schließlich bleibt schwarz-glänzende, knusprige, poröse Kohle übrig.

Man kann Zucker auch in die Gasflamme blasen. Jedes Körnchen erzeugt dann ein kleines Flämmchen. Einen hübschen Effekt ergibt auch das Erhitzen von Zucker auf einem Eisenlöffel.

Dann kann man die Zuckerbildung im Pflanzenblatt behandeln. Es ist nicht ausgeschlossen, daß man die Rolle des Kohlensäuregases und die Bildung von Sauerstoff schon jetzt darstellt. Dies muß in der 9. Klasse auf jeden Fall geschehen. Man wird jedoch sehr wohl merken, daß man mitunter viel intensiver auf einen Stoff eingehen kann, wenn man die Gelehrsamkeit nicht sofort und zu aufdringlich in den Vordergrund rückt, sondern wenn man es möglich machen kann, aus den Reaktionen auf äußere Einflüsse, aus dem Verhalten zu den vier Elementen, also aus den „Taten und Leiden“ des Stoffes, sein Charakterbild oder

schen Rohrzucker und Traubenzucker, gegebenenfalls auch Fruchtzucker. Dies ist vor allem der Fall, wenn man die Fehling'sche Reaktion schon jetzt einführen will.

Nach dem Zucker können wir *Stärke* behandeln. Wir nehmen etwas Kartoffelmehl und andere Mehlsorten und lassen sie zwischen den Fingern verreiben. Dabei werden Unterschiede erlebt. Mehl sieht zwar dem Zucker zunächst ähnlich, fühlt sich aber „trockener“ an.

Nun streuen wir z. B. etwas Kartoffelmehl in ein mit Wasser gefülltes Glas. Es schwimmt erst oben und sinkt dann unter, ohne sich aufzulösen.

Dann erhitzen wir trockenes Mehl. Es wird nicht schmelzen, wohl aber verkohlen. Es flammt weniger stark als Zucker, brennt aber viel anhaltender.

Man kann an dieser Stelle einige Hinweise bezüglich des Anbrennens beim Kochen von Nahrungsmitteln einfügen. Man führt aus, wie z. B. solch eine halb-verkohlte Masse leicht beseitigt werden kann, nachdem man sie mit einer Soda-lösung gekocht hat.

Dann behandeln wir das Auftreten von Stärke in der Pflanze. Der Zucker ist eigentlich stets in strömender, fließender Bewegung. Dagegen wird der Überschuß an Zucker schon bei seinem Entstehen durch die Assimilation in Form unlöslicher Stärkekörner aus dem Saftstrom ausgestoßen und gewissermaßen beiseite gestellt. Man kann dann mikroskopisch kleine Körnchen im Blatt nachweisen. Bei schwacher Beleuchtung und bei Nacht werden diese Stärkekörnchen wieder in Zucker verwandelt und aufgelöst. Die Pflanze setzt jedoch auch Stärke an Stellen ab, wo das Leben in der Pflanze zeitweise zum Stillstand kommt und wo im Zusammenhang damit starke Verdichtungs- und Erstarrungsprozesse auftreten. Besonders Knollen und Samen enthalten oft viel Stärke. Auch die Bäume speichern während des Sommers große Mengen Stärke in ihren Stämmen, die den Winter über aufbewahrt werden. Wenn im Frühjahr das Leben sich zu entfalten beginnt, werden alle diese Körner wieder aufgeschlossen und als Zucker in den Säftestrom aufgenommen.

Wie es für den Zucker charakteristisch ist, daß er in verdünntem Zustand durch die Pflanze strömt, so ist es für die Stärke charakteristisch, in zahllosen Körnchen verteilt ruhend aufzutreten. Betrachtet man jedes dieser Körner einzeln unter dem Mikroskop, dann sieht man ein abgeschlossenes Ganzes, das um ein Zentrum hin orientiert ist und einen schichtweisen Aufbau aufweist. In jeder Hinsicht kommt bei der Stärke das Ausgestoßenwerden aus den Ganzheit-bildenden Kräften des Lebens und aus dem kontinuierlichen Flüssigkeitsstrom zum Ausdruck. Die Pflanze als Ganzes ist hauptsächlich auf die Umgebung im weitesten

sogar eine Art Biographie zu entwickeln. Wenn man das tut, sind Abstraktionen überflüssig, und man wird statt dessen eine voll lebendige Anschauung der Prozesse in der Natur entwickeln. In diesem Fall wird der Nachdruck auf die Beziehung zwischen Luft, Wasser und Licht gelegt. Man darf niemals die Gelegenheit vorbeigehen lassen, das Oben und Unten in der Natur hervorzuheben, das hierbei wieder so deutlich in Erscheinung tritt. Im Zucker ist das, was von Oben als Wärme, Luft und Licht und was von Unten als Wässriges kommt, zu einer wunderbaren Einheit verwoben.

Wir können nun eine gewisse Erklärung geben für das Verhalten des Zuckers bei den Versuchen. Seine große Löslichkeit hängt zusammen mit dem „Geborenwerden“ aus der Sphäre des Wassers. Und auch darin drückt sich seine Verwandtschaft mit dem Wasser aus, daß man in der Natur Zucker eigentlich niemals anders als in aufgelöster, also flüssigkeitsverwandter Form findet. Das Kristallisieren, also das Heraustreten aus der Flüssigkeit, geht sogar verhältnismäßig schwer vor sich. Jede Pflanze ist mehr oder weniger von Zucker in sehr verdünnter Lösung durchsetzt. Bei den Tieren und beim Menschen strömt der Zucker im Blute mit.

Eine andere Eigenschaft des Zuckers ist die Fähigkeit, beim Erhitzen Gase zu entwickeln. Daraus wird seine Verwandtschaft mit dem Luftigen ersichtlich.

Wenn der Zucker heftig flammend verbrennt und dabei Wärme und Licht entwickelt, ist das dem von ihm aufgefangenen Sonnenfeuer zu danken, das wieder frei wird.

Im Zucker ist ein großer Gegensatz zur Einheit geworden: Zucker ist sowohl mit Wasser verwandt wie auch mit Feuer. Dadurch wird verständlich, daß Zucker ohne Veränderungen in unser Blut aufgenommen werden kann. Vom Blut läßt sich das gleiche sagen wie vom Zucker; auch in ihm sind Feuer und Wasser vereinigt. Mit dem Zucker in unserem Körper tun wir aber etwas anderes als die Pflanze: wir lassen ihn in Wärme aufgehen, während die Pflanze ihn zum größten Teil verdichtet und zu festen Stoffen (wie Zellulose) erstarren läßt. Die Pflanze baut ihre unbewegliche Gestalt also mit Hilfe des Zuckers auf, während er für uns die Grundlage bildet für unsre Beweglichkeit und unsere Wärme-Entwicklung.

Natürlich läßt sich bei der Behandlung des Stoffes noch ein gewisser Unterschied machen zwischen den verschiedenen Zuckersorten. Ich bin jedoch der Meinung, daß man in der 8. Klasse ruhig den Nachdruck auf das Allgemeine legen darf. In der 9. Klasse kann man dann die verschiedenen Zuckerarten deutlicher unterscheiden.

Wahrscheinlich wird es meistens nötig sein, einen Unterschied zu machen zwi-

Sinne gerichtet. Jedes einzelne Stärkekorn hingegen sucht den Mittelpunkt in sich selber.

Wir geben nun eine Stärkemasse in kochendes Wasser. Dazu müssen wir erst vorsichtig kalt einen dünnen Teig anrühren. Diesen gießen wir in das siedende Wasser. Man sieht dann, wie die Körnchen schnell verschwinden und einem glatten, durchscheinenden, halbstEIFEN Zustand Platz machen. Es ist höchst fesselnd, die langsamer werdende Bewegung der Dampfblasen in der breiigen Masse zu beobachten. Vor allem nach der Abkühlung wird die Masse noch weiter erstarren. Man hat auf diese Weise Stärke-Kleister bereitet. Wenn man nun den Kindern erzählt, daß man beim Kochen von Mehlbrei und bestimmten Puddingsorten eigentlich auch Kleister kocht, wird das meistens eine Sensation hervorrufen. Man kann dann andeuten, daß das Brotbacken auf einem verwandten Prozeß beruht.

An der Kleisterzubereitung wird ersichtlich, daß sich die Stärke auch bei Erwärmung in Wasser nur unvollkommen auflösen läßt. Es tritt eine Art Verwischung der Grenzen auf zwischen der ursprünglichen Stärke und dem Wasser. Jedes Körnchen nimmt Wasser auf und beginnt aufzuquellen, so daß es seine Struktur verliert. Das geht bald so weit, daß alles freie Wasser verschwunden ist und einer gallertigen Masse Platz gemacht hat.

Wir können nun wieder die Anwendung des Überganges von Stärke in Zucker behandeln. In der Natur tritt dieser zum Beispiel beim Keimen der Samen auf. Wir können Getreidekörner keimen lassen, indem wir sie unter bestimmten Verhältnissen mit Feuchtigkeit in Berührung bringen, und bekommen nach Erhitzen und Trocknen eine Körnermasse, die teils noch stärkehaltig, teils schon zuckerhaltig ist. Wir nennen diese Masse Malz.

Dieser Übergang von Stärke in Zucker macht sich störend bemerkbar bei Kartoffeln, bei denen der Lebensprozeß durch Erfrieren erloschen ist. Es findet in der Kartoffel stets eine geringe Zuckerproduktion statt, die auch nach dem Erfrieren weitergeht. Unter normalen Verhältnissen wird dieser Zucker durch den bescheidenen Lebensprozeß, der auch in der ruhenden Kartoffel erhalten bleibt, verzehrt. In der erfrorenen Kartoffel häuft sich dieser Zucker an. Daher ihr „süßer“, unangenehmer Geschmack.

Man kann die Kinder auch probieren lassen, ob es ihnen gelingt, Brot oder Mehl, indem sie es kauen, mit Hilfe von Speichel in Zucker umzuwandeln. Anknüpfend läßt sich erzählen, daß jede Mehlspeise, die wir essen, ganz in Zucker umgesetzt und in dieser Form in das Blut aufgenommen wird. Es scheint mir besser zu sein, die näheren Einzelheiten in der 9. Klasse zu behandeln.

Nun kommt etwas, was man meiner Ansicht nach sowohl in der 8. als auch in der 9. Klasse behandeln kann: der Nachweis, daß eine Substanz Stärke oder Zucker enthält, mittels bestimmter Reaktionen. In jedem Fall ist dies eine sehr anregende Sache für die Kinder.

Ich halte es für gut, eine Flüssigkeit, die man für eine der Reaktionen verwendet, die Fehlingsche Lösung, nicht direkt in der völlig fertigen Form anzuwenden. Man läßt sie besser Schritt für Schritt entstehen. Ich bespreche nun diese Schritte:

- a) Es wird gezeigt, wie eine Lösung von Kupfersulfat mit Natronlauge einen blauen Niederschlag bildet.
- b) Man macht denselben Versuch beim Vorhandensein einer genügenden Menge aufgelösten Zuckers. Dabei zeigt sich eine starke Vertiefung der blauen Farbe der Lösung, aber kein Niederschlag.
- c) Diese tiefblaue Lösung wird vorsichtig erhitzt. Ist man von Rohr- oder Rübenzucker ausgegangen, zeigt sich keine Veränderung. Mit Traubenzucker dagegen erscheint eine Verfärbung. Das Blau geht über Grün nach Gelb zum Orange hin. Endlich ergibt sich ein stark gefärbter undurchsichtiger gelbroter Niederschlag. Bei diesem Versuch läßt sich ein prächtiger Effekt erzielen, wenn man einen großen Erlenmeyerkolben dazu benützt. Dazu sind nicht einmal viel Chemikalien notwendig.
- d) Für die übliche Laboratoriumsuntersuchung wird diese tiefblaue Flüssigkeit vorher hergestellt, und zwar mit Hilfe eines Stoffes, der kein Zucker ist, und der auch keine Verfärbung beim Erhitzen zeigt. Man wählt dazu Weinsäure oder eines ihrer Alkalisalze, z. B. Seignettesalz. Die zu untersuchende Lösung wird mit einem geringen Zusatz der blauen Flüssigkeit erhitzt. Diese Methode wird auch bei Urin-Untersuchungen angewendet. Die sogenannte Fehlingsche Lösung wird also hergestellt, indem man eine Kupfersulfat-Lösung mit einer Lösung von Weinsäure oder einem Alkalisalz von Weinsäure mischt und nachher Natronlauge hinzufügt.

Mehl oder Stärke ist am einfachsten mit Jod nachzuweisen. Man löst einige Jod-Kristalle in konzentriertem Alkohol oder, was billiger ist, in einer Kaliumjodidlösung auf. Die so erhaltene braune Lösung, die man Jod-Tinktur nennt, gibt man tropfenweise in eine Stärkelösung. Es bildet sich dann eine tiefblaue Färbung. Bei Erwärmung verschwindet diese Farbe gänzlich, bei Abkühlung kehrt sie wieder zurück.

Mit dieser Jod-Lösung und mit der Fehlingschen Lösung kann allerlei demonstriert werden, was mit der Zusammensetzung von Nahrungsmitteln zusammen-

punkt, als eine Zusammenfassung der ganzen Natur anzusehen. In einem solchen alten Bauernrezept findet man auch eine Zusammenfassung der ganzen Natur, und dadurch ist es der Ausdruck eines Versuches, schon in der Zubereitung der Nahrung den Weg zum Aufbau des Menschenleibes zu veranlassen. Man überlege sich nur einmal, wie das Mehl zuerst Erde ist, dann Wasser aufnimmt; wie die Luft durch die Gärung eingeblasen und wie schließlich der Prozeß durch das Feuer abgeschlossen wird. Wenn man die Geschichte von Prometheus liest, der den Menschen schuf, begegnet man dabei demselben Gang durch die vier Elemente. Und dann die Dreiheit: Salz, Wasser und Honig. Man hat in ihnen die Vertreter der ganzen Pflanze, von Wurzel, Stengel und Blatt und Blüte. Wir selbst dürfen wissen, daß auch die *tria principia*: Sal, Mercurius und Sulfur dabei deutlich zum Ausdruck kommen. – Und dann das Getreide selbst. Die Gräser sind die Pflanzen, die mit dem geringsten Material sich am höchsten aufrichten. Sie sind Wunder der Konstruktionskunst. Bei einem Gras steht jedes Gewichtsteilchen gewissermaßen im Dienst der Aufgabe, um der Pflanze zu helfen, gegen die Schwere anzugehen und dasjenige, was wirklich schwer ist, das Korn, so hoch wie möglich dem Himmel entgegenzutragen. Die Gräser feiern fortwährend einen großen Sieg über die herabziehenden Erdenkräfte.

Am besten läßt sich die Großartigkeit der Gräser und des Kornes erkennen, wenn man mit ihnen die Kartoffel vergleicht. Die Kartoffelknolle ist eigentlich ein Stengel und also dazu bestimmt, sich aufzurichten. Dieser biegt sich aber zurück und dringt in die Erde ein. Er folgt nicht nur der Schwererichtung, sondern wächst auch noch zu einer plumpen Masse aus.

Für den Menschen ist die aufgerichtete Haltung typisch, die erst möglich wird durch Überwindung der Schwere. Wir verdanken dieser Haltung die Möglichkeit, das Licht des Bewußtseins zu entzünden. Das Korn unterstützt uns bei der Verwirklichung dieses typisch Menschlichen. Es lebt uns die Aufrichtung vor. Ja, so deutlich weist es uns hin auf die Überwindung der Erde, daß man es stets als Symbol des Auferstehungsleibes des Christus betrachtet hat. Die Kartoffelknolle sucht die Schwere und die Finsternis; wir nehmen also beim Essen von Kartoffeln etwas in uns auf, das das vollkommene Gegenteil ist von dem, was das Korn uns bringt.

Man kann zur Abwechslung die Kinder wieder für die Kartoffel begeistern, indem man ihnen die einfachste Art der Zubereitung von Kartoffelmehl vorführt. Man raspelt eine Kartoffel auf einer großen Reibe. Die entstandene Masse rührt man mit etwas Wasser durch, dann läßt man alles in Ruhe sich setzen. Man findet nach einiger Zeit eine schneeweiße Schicht auf dem Boden: das Kartoffelmehl.

hängt. Werden zum Beispiel ein paar Stücke von gelben Rüben in einem Reagenzglas mit Wasser gekocht und die dadurch erhaltene Flüssigkeit nach der Abkühlung mit etwas Fehlingscher Lösung erhitzt, so bekommt man die bekannte Verfärbung und hat damit also bewiesen, daß die Rübe Zucker enthält. Wird dagegen etwas Jod-Tinktur auf eine durchgeschnittene Rübe getropft, dann sieht man höchstens ein paar kleine blaue Flecken. Es ist also nur wenig Stärke in der Rübe enthalten. Eine durchgeschnittene Kartoffel oder ein Stück Brot werden durch Jod aber stark blau gefärbt.

Es kann auch das Folgende vorgeführt werden: Erst läßt man sehen, daß der gewöhnliche Rohr- oder Rübenzucker nicht auf Fehlingsche Lösung reagiert. Danach wird die Zuckerlösung mit etwas Säure erhitzt. Nun wird sie bestimmt auf Fehling reagieren, wenn die Säure vorher durch etwas hinzugefügte Lauge neutralisiert worden ist. Auf diese Weise läßt sich einigermaßen die Tatsache verdeutlichen, daß aus Rohrzucker andere Zucker entstehen können, und zwar Traubenzucker und Fruchtzucker. Diese Tatsache ist auch wieder von besonderer Wichtigkeit beim Kochen. Bei sauren Speisen muß man den Zucker stets erst nach der Abkühlung zufügen, da er sich sonst zersetzt und der süße Geschmack stark vermindert wird.

Es ist sehr wichtig, den Kindern immer wieder bestimmte übersichtliche Zusammenfassungen vorzulegen. Im Zuckerhaushalt der Pflanze lassen sich in der Tat bestimmte große Strukturen nachweisen. Wir haben gesehen, wie der Zucker, insoweit dieser die Grundlage des Lebens ist, eigentlich nur als dünne Lösung die Pflanze durchzieht. Er nimmt dadurch eine Art Mittelstellung ein. Einerseits wird er ständig aus dem Strom nach außen gestoßen und zu fester Stärke verdichtet. Diese wird gewissermaßen eingepackt und gespeichert. Andererseits fließt er in Form von Nektar ganz und gar aus der Pflanze heraus. Er wird dabei duftig und von den Insekten weit im Raum versprüht.

Besonders wichtig ist das Brotbacken. Ich sah einmal, wie ein Bauer es auf folgende Weise tat:

Erst nahm er einen Trog mit Mehl. Dann nahm er eine Schüssel mit etwas Wasser, tat wenig Hefe hinein sowie Salz und Honig. Nachdem er alles gut durcheinander gerührt hatte, wurde es in das Mehl getan und mit ihm gründlich zu einer Teigmasse verknetet. Der Teig wurde in Blechen auf dem Ofen, der inzwischen schon lustig brannte, zum Aufgehen gesetzt. Danach wurde das brennende Holz aus dem Ofen gekratzt und die Bleche hineingeschoben.

So einfach dies erscheint, so weitreichend ist der Hintergrund dieses Rezeptes. Das Brot ist ein Hauptnahrungsmittel des Menschen. Sein Körper ist als Mittel-

Es scheint mir richtig zu sein, hier kurz auf die *Zellulose* hinzuweisen, wenn sie auch kein Nahrungsmittel ist. Ebenso wie Stärke wird sie aus Zucker gebildet. Sie ist völlig unlöslich, wohl aber gut brennbar. Es ist interessant zu sehen, wie die Pflanze mit ihr ganz anders umgeht als mit Stärke. Die Zellulose wird auch ausgestoßen aus dem lebendigen Zuckerstrom, wird aber niemals zu Körnern. Sie wird stets in das Ganze der Pflanze eingebaut. Sie hat also nirgends eine eigene Form, sondern ist so gestaltet, daß sie der Pflanze dienen kann. Man hat es hier mit dem eigentlichen Baustoff der Pflanze zu tun. Dieser Stoff ist für uns völlig unverdaubar, was uns große Einschränkungen bezüglich der Pflanzen als Nahrung auferlegt. Die Grasfresser unter den Tieren vermögen die Zellulose aber aufzuschließen und zu verdauen.

Für uns ist die Zellulose eine Substanz, die massenhaft gegessen wird, ohne Nahrungsmittel zu sein.

Wir kommen nun zum *Eiweiß*. Wir können dabei von einem Hühnerei ausgehen. Erst öffnen wir es und trennen sorgfältig den Dotter vom durchsichtigen Eiweiß. Man vermittelt den Kindern so gut wie möglich einen Eindruck von der zähen Schleimigkeit des Eiweißes.

Dann bringen wir einen Teil der Eiweißmasse in kaltes Wasser und zeigen, wie sie sich ausbreitet und mehr oder weniger auflöst. Danach geben wir einen Teil davon in heißes Wasser. Dabei wird die Gerinnung sichtbar. In saurem Wasser tritt ebenfalls Gerinnung ein. Danach können wir geronnenes Eiweiß mit Lauge kochen und werden sehen, daß es sich wieder auflöst.

Vollständigkeitshalber kann dann das Eiweiß auch noch direkt mit einer Flamme erhitzt werden. Es brennt nicht, aber es wird schwarz verkohlt und es krustet. Es macht sich dabei derselbe Gestank bemerkbar wie bei verbranntem Haar, bei Wolle oder Hornnägeln. Alle diese Substanzen sind verhärtetes und umgebildetes Eiweiß.

Das Eiweiß selbst ist äußerst formlos und dabei in einem Zustand von besonders subtilem Gleichgewicht, wie aus den Versuchen zu ersehen ist. Infolge dieser Eigenschaften ist es der eigentliche Lebensträger. Wenn es sich verhärtet, wie bei der Hornbildung, erreicht es hingegen eine besonders tote, starre Form.

Es können nun weitere Versuche gemacht werden: zum Beispiel kann man das Eiweiß der Milch gerinnen lassen durch Hinzufügen von Säure. Dies ist die Ursache für die Bildung der dicken Massen in Buttermilch und saurer Milch.

Auch die Gerinnung durch Alkohol kann vorgeführt werden. Man erklärt dabei, wie mit Alkohol Tierleichen konserviert werden können.

Zum Schluß werden wir die *Fette* und *Ole* besprechen. Wir lassen ein Stückchen Fett auf Wasser schwimmen und zeigen, wie das Wasser daran abfließt, wenn man es untergetaucht hat, und wie es wieder hochkommt. Spritzt man etwas Öl mit einer Pipette in Wasser aus, so sieht man ein prächtiges Spiel von goldgelben Tropfen, die als Kügelchen aufsteigen. Die Pipette kann auch unter Wasser ausgeblasen werden, wobei ein Strahl zu sehen ist, der sich alsbald in aufsteigende Tropfen auflöst. – Fällt Wasser auf Öl, so werden klare Kügelchen sichtbar, die niedersinken. Wird Wasser mit einer kleinen Ölschicht obenauf geschüttelt, so entsteht eine trübe, mildige Masse aus Wasser und feinen Öltropfen, die langsam aufsteigen und wieder ineinanderfließen, so daß der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt wird. Dieser Versuch kann auch mit etwas destilliertem Wasser, einer Schicht Öl und einem Stückchen Seife variiert werden. Wenn man dieses Gemisch schüttelt, bekommt man eine viel feinere Verteilung der Öltropfen, und es dauert viel länger, bis die Trennung von Öl und Wasser wieder vollzogen ist.

Wenn man von einer ziemlich konzentrierten Seifenlösung in destilliertem Wasser ausgegangen ist oder eines der synthetischen Waschmittel, zum Beispiel Pril oder Rei, in das Wasser getan hat, dann sieht man etwas sehr Überraschendes beim Dazugießen von Öl. Es bilden sich nun keine großen Ölkugeln, sondern das Gemisch wird gewissermaßen zerstäubt und schießt in kleinen Teilchen auseinander. Aus solchen Versuchen wird verständlich, daß es schwierig ist, fettige Gegenstände mit Wasser abzuwaschen. Die Rolle, die Seife und andere Waschmittel spielen, wird auf diese Weise deutlich.

Wir lassen nun Fett schmelzen und gerinnen.

Dann gießen wir etwas Öl in einen eisernen Tiegel und versuchen, es anzuzünden. Das gelingt nicht sogleich. Erst wenn man das Öl erhitzt hat, bekommt man eine hellgelbe, stark rußende Flamme. Wenn man das brennende Öl bis zum Siedepunkt erhitzt, kann man mächtige Effekte erzeugen. Beim Ausgießen z. B. wird der Strahl brennen bleiben, so daß man eine auseinanderspritzende Feuer-masse auf der Unterlage hat. Sehr heftige Feuererscheinungen erreicht man, wenn man Wassertropfen in heißes brennendes Öl spritzt, oder noch stärker, wenn man einen Schuß Wasser dazugießt. Auf diese Weise kann man eine Flamme hervorrufen, die einige Meter hoch ist. Man wird dann sofort die Warnung anschließen, daß genau dasselbe auftreten kann beim Braten von Fleisch, wenn man in das Fett unvorsichtig Wasser gießt.

Etwas ruhiger geht es zu, wenn man Öl mit etwas Wasser darin erhitzt. Man bekommt dann das bekannte Bruteln. Man kann sehr nette Dinge vorführen, z. B. Kartoffelscheiben in einem Becherglas mit Öl backen oder sogar in einem Reagenzglas. Man hört wieder das Gebrutzel, und man sieht auch, wie die Schei-

ben langsam braun gebraten werden. Am Zischen bei der Erhitzung ist zu hören, daß Butter und Margarine beträchtliche Mengen Wasser enthalten.

Aus allen diesen Erscheinungen ist zu ersehen, daß Öl durch und durch mit Feurigem durchzogen ist und wenig Verwandtschaft mit dem Wasser hat. Die Folge ist, daß fette Speisen schwer im Magen liegen, schwer verdaulich sind. Bei Butter ist das etwas anderes, weil da Fett und Wasser fein ineinander verteilt auftreten.

Das Fett, das wir aufnehmen, wird von unserem Körper zum größten Teil verbrannt im Dienste der Wärme- und Energie-Entwicklung. Darum brauchen wir besonders viel Fett in der Kälte und bei großer Anstrengung. Ferner dient es als Füllmaterial, als Schmiermittel und dergleichen.

Die Tiere brauchen das Fett auch zur Wasserabwehr. Die Schwimmvögel z. B. schmieren ihre Federn ein mit Hilfe der Abscheidungen einer Fettdrüse im Bürzel. Die Wale und die Robben schützen sich sogar mit einer dicken Speckschicht gegen die Kälte.

Bei der Pflanze treffen wir die Öle vor allem in den Samen an, auf die die größte Wärme-Einwirkung stattgefunden hat.

Man kann dadurch, daß man die Milch am Schluß behandelt, diese Epoche in sehr zweckmäßiger Weise abschließen. Da die Milch für das Kind und für das junge Tier eine Zeitlang die einzige Nahrung ist, müssen natürlich alle notwendigen Nahrungsstoffe in ihr enthalten sein.

Den Zucker kann man wieder leicht mit Fehlingscher Lösung nachweisen. Er dient der Ernährung, spielt aber auch eine besondere Rolle beim Sauerwerden der Milch. Je nachdem wie stark die Säure auftritt, verschwindet der Zucker und damit der süße Geschmack. Wir kennen das nicht nur von sauer gewordener Milch, sondern auch von Buttermilch, Joghurt und dergleichen.

Wenn wir die Milch stehenlassen, scheidet sich eine fette Schicht, die Sahne, der Rahm ab. Dieser Prozeß wird beschleunigt, wenn wir die Milch durch eine Zentrifuge drehen.

Dadurch, daß man die Milch selbst oder den Rahm buttert, d. h. stark schüttelt oder rührt, scheiden sich Butterklümpchen ab. Rahm enthält zwar viel Fett, aber doch auch noch andere Bestandteile der Milch. Butter enthält in der Hauptsache Fett und Wasser. Dieses Wasser scheint auf den ersten Blick eine Art Verdünnung oder sogar Verfälschung der Butter zu sein, ist jedoch ein unentbehrlicher Bestandteil. Es gibt der Butter die Konsistenz, durch die sie so gut verdaulich ist, und die die Margarinefabrikanten ihren Produkten ebenfalls zu geben versuchen.

Bei der Milch schwimmt das Fett in Form kleiner Kügelchen in der Flüssigkeit. In der Butter ist noch stets eine feine Mischung von Fett und Wasser vorhanden.

Das Eiweiß der Milch macht sich auf verschiedene Weise bemerkbar. Beim Erhitzen gerinnt nur ein bestimmter Teil des Eiweißes, wodurch die „Haut“ gebildet wird. Indem man Säure zufügt, kann man das gesamte Eiweiß gerinnen lassen. Wenn die Milch von selber sauer wird, wie bei der Bildung der gewöhnlichen sauren Milch oder der Buttermilch, tritt diese Gerinnung natürlich auch auf. Man bekommt dann allmählich eine Scheidung zwischen einer hellen Flüssigkeit, Molke, und einer dicken weißen Masse. Wenn diese Gerinnung bei der kalten Milch noch nicht zu bemerken ist, weil sich noch nicht genügend Säure gebildet hat, dann aber doch beim Kochen auftritt, spricht man vom „Zusammenlaufen“ der Milch.

Man wendet das Gerinnen des Eiweißes bei der Herstellung verschiedener Produkte an. Man kann Buttermilch zu Quark verdicken lassen, indem man sie durch ein Leinentuch laufen und austropfen läßt. Auf gleiche Weise läßt sich der dickere Quark herstellen, nur muß die Masse dann ausgewrungen werden.

Bei der Käsebereitung muß die Milch erst „stocken“ (das heißt, das Eiweiß gerinnen), indem man ihr etwas Magensaft aus dem Magen des Kalbes – Lab genannt – beifügt. Wenn danach die Flüssigkeit zum größten Teil entfernt wird, können sich in der geronnenen, festen Masse Prozesse vollziehen, durch die sie zu Käse wird.

Beinahe alle diese Prozesse beruhen auf Gärungsvorgängen. Man kann auch von beginnender oder in bestimmter Richtung sich entwickelnder Fäulnis sprechen.

Es liegt auf der Hand, daß nach allem diesen eine Liste der Zusammensetzung einer Anzahl pflanzlicher und tierischer Nahrungsmittel gemacht werden kann. Außerdem können auch Richtlinien für das Behandeln dieser Stoffe und für sinnvolle Nahrungsbereitung gegeben werden.

Wenn Rudolf Steiner bei der Lehrplangestaltung auf die Wichtigkeit der Behandlung industrieller Prozesse auf der Basis der Chemie hinweist, findet man dazu bei der Fabrikation von Nahrungsmitteln viele Möglichkeiten. Etwas über die Seifenherstellung wird vielleicht auch am Platze sein. Vielleicht liegen auch noch Möglichkeiten in ganz anderen Richtungen vor.