XII. Ueber die Nahrungsstoffe, aus denen die Pflanzen im Lichte das Sauerstoffgas ausscheiden. Versuche von Dr. C. H. Schultz.

Prof. ord. an der Univ. in Berlin.

Nach der Ingenhousz'schen Theorie der Ernährung der Pflanzen durch Kohlensäure, müßte sich Kohlensäure in den von der Pflanze eingesaugten Säften finden. Senebier hatte dies auch von den Thränen des Weins behauptet, worüber jedoch Vauquelin schon zweifelhaft ward. Es ist in der That nicht schwer, sich zu überzeugen, daß der frische Holzsaft niemals Kohlensäure enthält, sondern diese erst durch Gährung nach einiger Zeit bildet. Die Ernährung des Saamenkeims geschieht so wenig durch Kohlensäure, daß ihm die geringste Menge dieser Luft schadet; Saussure hat ganz mit Unrecht behauptet, daß der im Finstern absorbirte Sauerstoff zur Bildung derjenigen Kohlensäure verwendet werde, welche die Pflanzen aushauchen, denn die Pflanzen hauchen auch unter Wasser, in Stickstoff- und Wasserstoffgas Kohlensäure aus, ohne jemals in ihrem Parenchym diese Säure vorgebildet zu enthalten, daher denn auch die ausgehauchte Kohlensäure niemals mit der absorbirten Sauerstoffmenge in Proportion steht, woraus man sieht, daß Sauerstoffabsorption und Kohlensäureaushauchung nicht in dem von Saussure angenommenen Zusammenhang stehen. Alle Pflanzensäfte sind sauer, der Holzsaft, der Lebenssaft, die Zellsäfte, wie wir in dem größeren Werke über Cyklose durch Beobachtung gezeigt haben; das ganze Parenchym reagirt gegen Lackmus sauer, aber dies rührt niemals von Kohlensäure, sondern von Weinsäure, Apfelsäure, Milchsäure, Gerbsäure, Essigsäure, Citronensäure u. s. w. her. Diese

Säuren vermehren sich Nachts in den Blättern durch Sauerstoffabsorption, daher die fleischigen Blätter von Ampfer, Portulak Morgens etwas sauer schmecken; aber die Säure verliert sich am Tage nicht gänzlich, wie man nach Heyne's Beobachtungen geglaubt hatte. Alle Pflanzensäfte sind immer sauer, aber niemals rührt die Säure von Kohlensäure her. Durch Begießen keimender Saamen mit kohlensaurem Wasser bringt man die daraus aufwachsenden Pflanzen nicht weiter, als sie kümmerlich aus der colliquescirten Nahrungssubstanz im Keim und im Eiweiß auch in reinem Wasser kommen. Niemand ist es gelungen jemals durch Begießen mit kohlensaurem Wasser das Wachsthum der Pflanze zu begünstigen. Ferner wird der Dünger und die Dammerde nicht in Kohlensäure aufgelöst; die Kohlensäurebildung ist eine nebenherlaufende Erscheinung bei der Düngerzersetzung, wodurch sich ganz andere Producte bilden. Die Fruchtbarkeit ist allein an den Boden gebunden; kann niemals der Luft mitgetheilt werden. Die Ernährung durch Kohlensäure hat auch niemals die Bildung des Wasserstoffs in den Pflanzenstoffen erklären können, weil niemals Wasser zersetzt wird, und die Bildung von Hydraten niemals hinreicht den Stoffreichthum in der Pflanze zu erklären.

Diese Umstände haben mich zur Anstellung der folgenden Versuche veranlaßt, die ich im Wesentlichen so mittheile, wie sie in der Schrift: *die Entdeckung der Pflanzennahrung*, in ihrem weiteren Zusammenhange dargestellt sind.

D i e V e r s u c h e.

Enthalten die Pflanzensäfte und das Parenchym keine Kohlensäure, so kann diese nicht die Quelle des von den Pflanzen im Lichte ausgehauchten Sauerstoffs seyn. Ist aber die Kohlensäure nicht die Quelle des ausge-

hauchten Sauerstoffs, so müssen sich andere Stoffe in der Pflanze finden, aus denen sich derselbe entwickelt, und der ganze Proceß der Pflanzenernährung und die Ingenhousz'sche Düngertheorie muß sich anders gestalten, wenn letztere mit Garten- und Landbaupraxis übereinstimmen soll. Diese Beobachtungen haben uns seit einer Reihe von Jahren beschäftigt, ohne daß wir aus den verschiedenen Widersprüchen auf einen Weg, der zur Wahrheit führt, gelangen konnten. Durch die Entdeckung, daß alle Lebenssäfte der Pflanzen sauer sind, die Säure aber niemals Kohlensäure ist (Cyklose des Lebensaftes, S. 182), wurden wir zuerst aufmerksam darauf, daß bei dem wahrscheinlichen Zusammenhang der Pflanzenrespiration mit dem Lebenssaft derselben die Bestandtheile dieses Saftes, ähnlich wie die des Holzsafte, aus dem der Lebenssaft gebildet worden, eine bestimmte Beziehung auf die Sauerstoffaushauchung haben möchten. Dieses führte uns auf die Untersuchung der Stoffbildung in dem ganzen Parenchym der grünen Pflanzentheile, wodurch wir zu der Gewissheit gelangten, *daß alle diese Pflanzentheile saure Stoffe enthalten, unter denen zwar alle möglichen vegetabilischen Säuren, nur keine Kohlensäure sich vorfanden*. Das Sauerwerden der Blätter im Finstern (des Nachts) müßte nach der Ingenhousz - Saussure'schen Theorie auf Bildung von Kohlensäure durch Absorption von Sauerstoff beruhen; allein hiervon zeigten die Beobachtungen nichts, vielmehr wurde es immer offener, daß sich durch Absorption von Sauerstoff alle möglichen anderen Säuren, aber gerade keine Kohlensäure, gebildet hatten. Es wurde immer klarer, wie diese Kohlensäurezersetzungstheorie ohne alle Kenntniß der inneren Organisation der Pflanzen, ja ohne Kenntniß der wichtigsten physiologischen Zustände des Pflanzenlebens, bloß nach allgemeinen chemischen Rücksichten, gebildet worden, daher sie denn auch mit den entschiedensten Wahrheiten, besonders der

neueren Pflanzenphysiologie, durchaus ohne alle Uebereinstimmung erscheine, und den wahren Gang der Natur bei der Pflanzenernährung gänzlich verfehle, so dankbar auch die der Theorie zu Grunde liegende Vorarbeiten anerkannt werden müssen.

Es kam hiernach vor allen Dingen auf eine experimentelle Beantwortung der Frage an, ob nicht ohne Kohlensäure, die natürlich im Lebenssaft und im Parenchym der Pflanzen sich vorfindenden Säuren und sauren oder oxydirten Stoffe den im Lichte von den Pflanzen abgetriebenen Sauerstoff liefern könnten? Zur Lösung dieser Frage beschäftigten mich Versuche mehrere Sommer hindurch, ohne dafs ich zu einer sicheren Entscheidung gelangte, weil ich entweder nicht die rechten Pflanzen zu den zu probirenden Stoffen gefunden hatte, oder die Concentrationsgrade der Stoffe verfehlte. So z. B. geben die meisten Pflanzen mit Essigsäure auch in schwacher Verdünnung, wobei das Wasser nur 1 bis 2 Procent der Säure enthält, kein Sauerstoffgas; neutrales essigsaures Kali auch nicht; aber saures essigsaures Kali macht eine sprudelnde Sauerstoffentbindung; wogegen wieder manche Blätter, wie Eichenblätter, auch mit reiner Essigsäure sehr viel Sauerstoff entbinden. Wegen dieser und anderer zu erzählender Eigenthümlichkeiten bin ich erst im Laufe dieses Sommers zu einem sicheren Aufschlufs darüber gelangt, dafs die grünen Pflanzentheile sämmtlich die Fähigkeit besitzen, die meisten vegetabilischen und mineralischen Säuren zu zersetzen, und dafs es diese besonders sind, aus denen sie das Sauerstoffgas im Lichte entwickeln, während im gewöhnlichen Laufe sehr wenig oder gar keine Kohlensäure von ihnen zersetzt wird.

Die Versuche wurden in den Monaten Juni, Juli und August angestellt, die meisten im Juli.

Weise des Experiments.

Ich habe mich mehrerlei Weisen bedient, die zu prüfenden Stoffe den Pflanzen zur Absorption und Zersetzung darzubieten, die mir im Wesentlichen dieselben Resultate gegeben haben. Ich habe Pflanzen (wie einjährige Mohrrüben-, Petersilienpflanzen, *Ranunculus repens*, Erdbeeren mit Ausläufern u. dergl.) mit den Wurzeln in die Auflösungen der einzusaugenden Substanzen gestellt, und die Blätter unter mit Quecksilber abgesperrte atmosphärische Luft enthaltende Glasglocken gebogen, um dann die zugefügten Gasarten in der Luft der Glocke wiederzufinden. Dieses Verfahren ist indessen sehr umständlich, namentlich in Betreff der Prüfung der Luft, und erlaubt nicht eine sehr große Zahl von Versuchen bald zu beenden. Nachdem ich gesehen hatte, daß ganz und gar dieselben Resultate erhalten wurden, wenn man die zu prüfenden Substanzen in gekochtem oder destillirtem Wasser löst, und die abgeschnittenen beblätterten Zweige unter Glasglocken in diesem Wasser absperirt, so habe ich mich vorzüglich dieser Weise des Experiments in einer größeren Zahl von Versuchen bedient. Es gehören dazu eine Anzahl Glascylinder, die ich von dem Inhalt von $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Quart genommen habe, mit abgeschliffenen Rändern. Ferner kleine Schalen, worauf man die gefüllten Cylinder in etwas Sperrwasser hinstellt; und eine größere, ungefähr 2 Fuß hohe und $2\frac{1}{2}$ Fuß breite, mit Wasser gefüllte Wanne, um darin unter Wasser die gefüllten Glascylinder umkehren zu können, und, um nach Beendigung des Versuchs, die über dem Wasser in den Versuchsgläsern angesammelte Luft in die Probirrhöhre eingießen zu können. Zum Messen der Luftmenge bediene ich mich nach Pariser Zollen und Linien abgetheilte Glasröhren, in denen man zugleich den Kohlensäuregehalt der Luft durch Kalkwasser, womit man vor dem Eingießen der Luft die Röhren füllt

bestimmen kann. Den ungefähren Sauerstoffgehalt erkenne ich an der Helligkeit, mit der ein glimmender Span sich in der Luft entzündet, und an der Dauer wie lange er brennt, so daß ich nach einiger Uebung den Sauerstoffgehalt immer ziemlich genau den Eudiometerproben entsprechend abschätzen konnte. Ein solches Verfahren war bei den vielen, von mir gleichzeitig angestellten Versuchen (oft habe ich 15 bis 20 Versuche gleichzeitig an einem Tage im Gange gehabt) durchaus nothwendig.

Wirkung der vegetabilischen Säuren.

Meine Aufmerksamkeit ging zunächst dahin, den Pflanzenblättern solche Säuren und Salze darzubieten, die sie im lebenden Zustande selbst schon in ihrem Parenchym enthalten, wobei denn freilich darin noch manche Hemmnisse vorkamen, daß oft die Art der Säuren und Salze noch nicht gehörig bekannt war, die die Blätter enthalten, so daß viele Versuche als bloße Proben angestellt wurden. Da Weinsteinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Kleesäure am verbreitetsten in dem Pflanzenreich erscheinen, die Essigsäure diesen aber am nächsten steht, so habe ich diese Säuren zuerst untersucht.

- 1) Essigsäure in 100facher Verdünnung mit gekochtem Regenwasser, so daß dieses leicht säuerlich schmeckte, hinderte durchaus alle Luftabsonderung, auch im reinsten Lichte, aus Weiden-, Ahorn- (*Acer dasycarpum*), Weinblättern. Diese gaben auch dann keine einzige Luftblase, wenn 1 Procent Essigsäure zu gemeinem Brunnenwasser gesetzt wurde, obgleich dies nach der Senebier'schen Theorie hätte geschehen müssen, indem die Essigsäure durch Zersetzung der im Wasser enthaltenen kohlensauren Salze Kohlensäure entbinden soll, woraus die Blätter Sauerstoff abscheiden können.
- 2) Neutrales essigsaures Kali, und ähnlich essigsaures Natron, zu 1 Procent dem gekochten und destillirten

Wasser zugesetzt, hindert alle Sauerstoffentbindung im Lichte aus Weinblättern, Weidenblättern (*S. pentandra*), Ahornblättern, dem Kraut von *Galega offic.*, von *Polygonum Bistorta* und von *Rumex acetosa*.

- 3) Nachdem zu den vorgenannten Auflösungen von essigsaurem Kali und essigsaurem Natron etwas Essigsäure bis zur säuerlichen Reaction gesetzt worden, fing sogleich eine sprudelnde Gasentwicklung an, und in Zeit von 8 Stunden hatten sich aus einer Hand voll Blättern, die, ohne die Stengel, 1 Loth an Gewicht betrugen, 5 Kubikzoll Luft gesammelt, die sich als beinahe reines Sauerstoffgas zu erkennen gaben.
- 4) Ein Loth Eichenblätter in 40 Unzen gekochten Wassers, das $\frac{1}{4}$ Proc. Essigsäure gelöst enthielt, gaben von Morgens 8 bis Nachmittags 6 Uhr im Sonnenschein 7 Kubikzoll Luft, die nur $\frac{1}{14}$ Kubikzoll Kohlensäure an Kalkwasser abtrat, und im übrigen aus reinem Sauerstoffgas bestand. Die Säure des Wassers war dabei verschwunden. Wenn bei Wiederholung dieser Versuche das Wasser noch etwas sauer reagirte, so konnte durch von Neuem hineingelegte Blätter im Sonnenschein die Säure gänzlich zum Verschwinden gebracht werden. In dem ganz entsäuerten Wasser geben dann die Blätter kein Sauerstoffgas mehr.
- 5) Weinsäure zu $\frac{1}{2}$ Proc. mit 40 Unzen gekochtem Wasser vermischt, gab mit hineingelegten Blättern von *Polygonum Bistorta*, *Salix pentandra*, *Acer tartaricum*, *Acer dasycarpum*, *Galega officinalis*, *Cytisus Laburnum* keine Luft, auch nicht, wenn die Säure im Brunnenwasser gelöst war. Wurde $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ Proc. Weinsäure in Wasser gelöst, so gaben die Blätter in solchem Wasser Sauerstoffgas.
- 6) Neutrales weinsaures Kali zu $\frac{1}{2}$ und zu 1 Proc. in gekochtem und ungekochtem Regenwasser verhinderte

die Gasentwicklung aus *Polygonum Bistorta*, *Cytisus Laburnum*, *Ribes aureum* gänzlich.

- 7) $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ Proc. Weinstein (saures weinsaures Kali) zu 40 Unzen gekochten Wassers gesetzt, liefs hineingelegte Blätter von *Polygonum Bistorta*, *Acer dasycarpum*, *Cytisus Laburnum*, *Ribes aureum*, jedesmal 1 Loth an Gewicht, von Morgens 8 bis Abends 6 Uhr im Sonnenschein $6\frac{1}{2}$ Kbkzll. Luft geben, wovon Kalkwasser $1\frac{2}{5}$ Kbkzll. Kohlensäure absorbirte. Das übrige war reines Sauerstoffgas. Waren nur $\frac{1}{4}$ Proc. Weinstein in dem Wasser gelöst, so verschwand die saure Reaction des Wassers nach Abscheidung des Sauerstoffs gänzlich. Wenn $\frac{1}{2}$ Proc. Weinstein dem Wasser zugesetzt war, so hatte sich die Säure in dem Wasser verringert, und wurde durch abermals hineingelegte Blätter und Entbindung von beinahe 7 Kbkzll. Sauerstoff innerhalb 9 Stunden gänzlich zum Verschwinden gebracht.
- 8) Weinblätter, ohne die Stiele 1 Loth an Gewicht, in gekochtem Wasser, das mit $\frac{1}{2}$ Proc. Weinstein angesäuert war, gaben von Morgens 6 Uhr bis Abends 6 Uhr im Sonnenschein 8 Kbkzll. Luft, die nur $1\frac{3}{5}$ Kbkzll. Kohlensäure enthielt, und ausserdem mit ungefähr $\frac{1}{2}$ Kbkzll. Stickgas vermengtes Sauerstoffgas war. Die Weinblätter bringen nicht allein die Säure, sondern den ganzen Weinsteingehalt des Wassers zuletzt gänzlich zum Verschwinden.
- 9) 1 Loth Weinblätter gaben in 40 Unzen gekochtem, mit $\frac{1}{2}$ Proc. Weinstein angesäuerten Wasser an einem trüben Tage, der kaum einige Sonnenblicke sehen liefs, dennoch $3\frac{1}{4}$ Kbkzll. mit $1\frac{3}{5}$ Kbkzll. Kohlensäure vermengtes Sauerstoffgas. Die Säure in dem Wasser verschwindet dabei nicht ganz, aber die Reaction wird sehr vermindert. Legt man in das rückständige, noch säuerliche Wasser von Neuem Weinblätter, so bringen sie unter Sauerstoffentbindung im Sonnenschein die Säure gänzlich zum Verschwinden.

- 10) Blätter von *Syringa vulgaris* gaben an demselben trüben Tage in mit Weinstein angesäuertem Wasser keine Blase Luft. Dagegen entwickelte im Sonnenschein 1 Loth dieser Blätter in 8 Stunden 5 Kbkzll. Sauerstoffgas.
- 11) In 40 Unzen gekochtem, mit $\frac{1}{2}$ Proc. Apfelsäure vermischem Wasser, das dadurch einen kaum merklichen säuerlichen Geschmack erhielt, gaben 1 Loth Ahorn- und *Cytisus Laburnum*-Blätter von Morgens 8 bis Abends 6 Uhr im Sonnenschein $5\frac{1}{2}$ Kbkzll. mit $\frac{1}{10}$ Kbkzll. Kohlensäure verunreinigtes Sauerstoffgas. Die Säure des Wassers war dabei verschwunden.
- 12) Neutrales apfelsaures Kali zu $\frac{1}{2}$ Proc. 40 Unzen gekochten Wassers zugesetzt, verhindert die Luftentwicklung aus Blättern von Ahorn, Weiden, *Polygonum Bistorta* gänzlich.
- 13) Nachdem der obigen Auflösung von neutralem apfelsaurem Kali noch $\frac{1}{4}$ Proc. freie Apfelsäure zugesetzt war, so fing sogleich eine Blasenentwicklung an, und in Zeit von 10 Stunden entwickelten sich aus einem Loth Blättern $7\frac{3}{4}$ Kbkzll. Sauerstoffgas, was Kalkwasser kaum merklich trübte. Die Säure war sehr vermindert, aber nicht gänzlich verschwunden. Von Neuem in dasselbe Wasser gelegte Blätter brachten den Ueberrest der Säure gänzlich zum Verschwinden, in dem Maasse als sich noch etwas Sauerstoff entwickelte.
- 14) Von dem frisch ausgepressten und filtrirten Saft von unreifen grünen Stachelbeeren, der, außer Gummi und Zucker, besonders saures apfelsaures und saures citrionsaures Kali, sauren apfelsauren Kalk, etwas salzsauren und phosphorsauren Kalk enthält, und sehr sauer reagirt und schmeckt, setzte ich so viel zu gekochtem Wasser, daß dieses davon einen so säuerlichen Geschmack als von ungefähr $\frac{1}{2}$ Proc. Weinsteinsäure bekam, und sperrte mit diesem Wasser ein Gemenge von Eichen-, Ahorn- und *Cytisus*-

Blättern, zusammen 1 Loth an Gswicht, ab. Diese Blätter entwickelten von Morgens 6 bis Abends 6 Uhr in dauerndem Sonnenschein $8\frac{1}{2}$ Kbkzll. fast ganz reines Sauerstoffgas, das Kalkwasser wenig trübte. Die Sauerstoffentbindung dauerte so lange, als noch eine Spur von Säure in dem Wasser übrig war.

Dieser Versuch gab bei oftmaliger Wiederholung auch mit Blättern von *Ribes Grossularia* selbst, von *Ribes aureum*, *R. rubrum*, von *Vitis vinifera* gleiche Resultate. An einem trüben Tage erhielt ich aus einem Loth Blätter, die 1,5 Kbkzll. Wasser aus der Stelle treiben, in Stachelbeerensaft $2\frac{3}{4}$ Kbkzll. mit $1\frac{5}{8}$ Kbkzll. Kohlensäure verunreinigtes Sauerstoffgas. Die Säure des Wassers verschwand in dem Maafse, als sich Sauerstoffgas entwickelte.

- 15) Citronensäure zu $\frac{1}{2}$ Proc. dem gekochten Wasser (40 Unzen) zugesetzt, liefs im Sonnenschein aus einem Gemenge von Ahorn- und *Cytisus*-Blättern in 10 Stunden $5\frac{1}{2}$ Kbkzll. ziemlich reines Sauerstoffgas entbinden. Die Säure des Wassers hatte abgenommen, war aber nicht ganz verschwunden. Von Neuem hineingelegte Blätter brachten, unter Entwicklung von 4,7 Kbkzll. Sauerstoffgas im Sonnenschein die Säure gänzlich zum Verschwinden.
- 16) Neutrales citronsaures Kali in zweihundertfacher Verdünnung zu gekochtem Wasser gesetzt, bewirkte keine Gasentbindung aus Blättern von *Ribes aureum*, *Acer dasycarpum* und *Cytisus Laburnum*.
- 17) Nachdem der Auflösung von neutralem citronensauren Kali bis zum gelind säuerlichen Geschmack reine Citronensäure zugesetzt worden, fing eine Gasentbindung an, und in Zeit von 9 Stunden entwickelten 1 Loth Ahorn- und *Cytisus*-Blätter $6\frac{3}{4}$ Kbkzll. Sauerstoffgas, das von Kalkwasser wenig getrübt wurde. Die Säure des Wassers verschwand in dem Maafse,

als sich Sauerstoffgas entwickelte. Blieb nach dem Versuch noch etwas Säure in dem Wasser übrig, so wurde sie durch von Neuem hineingelegte Blätter im Sonnenschein zum gänzlichen Verschwinden gebracht.

- 18) Reine Milchsäure zu $\frac{1}{4}$ Proc. dem gekochten Wasser zugesetzt, bewirkte aus 1 Loth Ahorn- und Eichen-Blättern an einem Tage mit abwechselnd bewölktem Himmel in Zeit von 10 Stunden eine Entbindung von $4\frac{3}{4}$ Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser $\frac{3}{10}$ Kbkzll. Kohlensäure absorbirte. Die saure Reaction des Wassers war verschwunden.

- 19) Von filtrirten und gekochten sauren Molken wurde zu 40 Unzen Wasser so viel bis zum gelind säuerlichen Geschmack zugesetzt, wozu ungefähr die Molken von $\frac{1}{4}$ Quart Milch gehörten. In dieses Wasser gelegte Blätter von Ahorn, Eichen, *Cytisus Laburnum*, $1\frac{1}{4}$ Loth an Gewicht, welche 1,7 Kbkzll. Wasser aus der Stelle treiben, gaben in 9 Stunden beim Sonnenschein 7 Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser nur $\frac{1}{10}$ Kbkzll. absorbirte. Die saure Reaction des Wassers war hierbei verschwunden.

Dasselbe Experiment bei abwechselnd bewölktem Himmel wiederholt, lieferte 6 Kbkzll. Sauerstoff, wovon Kalkwasser $\frac{3}{10}$ Kbkzll. Kohlensäure absorbirte. Die saure Reaction der Molken war nicht völlig, aber grossentheils verschwunden. Sie verschwand aber durch von Neuem hineingelegte Blätter im Sonnenschein in dem Maasse, als diese noch 2 Kbkzll. Sauerstoffgas entwickelten. Die Sauerstoffentbindung in sauren Molken geht im Lichte vom Anfang an sprudelnd vor sich, und die Blätter werden aus dem Versuch so frisch herausgezogen, als sie hineingelegt waren. Ich habe diese Versuche, weil es mir Vergnügen macht mit anzusehen, wie unter den ungünstigsten Bedingungen auch

bei bewölktem Himmel die Blätter in sauren Molken immer fortfahren Sauerstoff zu geben, während die meisten übrigen Substanzen keine Wirkung mehr geben, wiederholt. Immer habe ich die promptesten gleichen Erfolge gehabt. Saure Molken, Weinstein, saures citronensaures und apfelsaures Kali sind fast die einzigen Dinge, die auch ohne Sonnenschein noch ziemlich reines Sauerstoffgas entwickeln. Die sauren Molken von einem Viertel-Quart Milch reichen hingegen 8 Kbkzll. Sauerstoffgas zu bilden.

- 20) Mit saurem Lohgerberwasser (*Jusée* der Franzosen), das, nach L. Gmelin, Milchsäure enthält, säuerte ich 40 Unzen gekochten Regenwassers bis zur leicht säuerlichen Reaction an, und legte 1½ Loth Eichen- und Ahorn-Blätter hinein. Das Glas war kaum in die Sonne gestellt, so fing schon eine Gasentbindung an, und von Mittags 1 bis Abends 5 Uhr hatten sich 4,3 Kbkzll. wenig kohlensäurehaltiges Sauerstoffgas entwickelt. Das rückständige Wasser reagirte noch etwas sauer. Am anderen Tage legte ich abermals eine gleiche Menge Blätter hinein, und erhielt in Zeit von 7 Stunden im Lichte noch 6,3 Kbkzll. Sauerstoffgas, wodurch denn die Säure in dem Gerberwasser gänzlich verschwunden war.
- 21) Gequetschtes grünes Malz, wie es in Brantweinbrennereien angewendet wird, wurde mit Wasser übergossen, und die dadurch erhaltene süßsauerliche Flüssigkeit filtrirt. Sie reagirte sauer, ohne von Kalkwasser getrübt zu werden, und löste eine ziemliche Menge phosphorsauren Kalk auf, so daß die saure Reaction nur von Milchsäure herrühren konnte. In 40 Unzen dieser noch mit gekochtem Wasser verdünnten Flüssigkeit wurden 1½ Loth Blätter von *Acer dasycarpum* gelegt, die im Sonnenschein in Zeit von 8 Stunden darin 6,1 Kbkzll. fast ganz reines Sauerstoffgas entwickelten. In das nach Beendigung des

Versuchs übriggebliebene Wasser wurden am folgenden Tage $1\frac{1}{4}$ Loth Eichenblätter gelegt, die während 7 Stunden im Sonnenschein daraus 5,9 Kbkzll. Sauerstoffgas absonderten.

- 22) $\frac{1}{4}$ Proc. Kleesäure zu gekochtem Regenwasser gesetzt, gab im Lichte von Morgens 8 bis Abends 5 Uhr mit 1 Loth Blättern von *Acer dasycarpum* $4\frac{1}{4}$ Kbkzll. mit wenig Kohlensäure vermengetem Sauerstoffgas. Dasselbe Experiment lieferte an einem bewölkten Tage mit unterbrochenem Sonnenschein 2,3 Kbkzll. Luft, die 30 Proc. Stickgas und 3 Proc. Kohlensäure mit Sauerstoff vermenget enthält.
- 23) $\frac{1}{2}$ Proc. Kleesalz (saures kleesaures Kali) mit gekochtem Regenwasser vermischt, gab im Sonnenschein mit Blättern von *Polygonum Bistorta* wenige Luftblasen, die zusammen nur $\frac{6}{100}$ Kbkzoll ausmachten, und mit Kohlensäure verunreinigtes Sauerstoffgas waren.

Es ist merkwürdig, daß fast alle übrigen sauren Salze sehr viel Sauerstoffgas geben, während das Kleesalz fast gar nicht zersetzt zu werden scheint. Die Kleesäure selbst giebt auch niemals so reines Sauerstoffgas, wie Apfel-, Citronen- und Milchsäure, oder wie die mineralischen Säuren, und an nicht ganz hellen Tagen, wo jene Säuren und deren saure Salze immer noch etwas Sauerstoffgas geben, giebt Kleesäure fast gar nichts.

- 24) Gekochtes Wasser mit $\frac{1}{100}$ Gallussäure vermenget, liefs aus einem Loth Blättern von *Salix pentandra* $2\frac{1}{4}$ Kbkzll. mit wenig Kohlensäure verunreinigtes Sauerstoffgas entwickeln.

Blätter von *Acer dasycarpum* gaben in gleichem gallussauren Wasser nur $1\frac{1}{4}$ Kbkzll. Sauerstoffgas.

Wirkung der mineralischen Säuren.

Die Phosphorsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure so wie die sauren (aber nicht die neutralen) Salze der-

selben geben mit Pflanzenblättern sämmtlich sehr reines Sauerstoffgas, selbst bei nicht ganz reinem Himmel; allein in viel geringerer Menge als die Citronensäure, Apfelsäure und Milchsäure und die sauren Salze dieser Säuren.

Es war schon Senebier nicht unbekannt, daß mineralische Säuren zum Brunnenwasser gesetzt die Sauerstoffanhäufung vermehren. Allein Senebier schrieb mit Unrecht diese Wirkung allein der Kohlensäureentbindung aus den im Brunnenwasser gelösten kohlensauren Salzen zu, und behauptete, daß in gekochtem und destillirtem Wasser die kleinste Menge mineralischer Säuren den Blättern schädlich sey. Diels ist ein offenkundiges Vorurtheil gewesen; denn unsere Versuche zeigen, daß in Wasser, das nicht eine Spur von kohlensauren Salzen enthält, die mineralischen Säuren eben so gut als in Brunnenwasser die Sauerstoffausscheidung der Blätter erhöhen. Grisebach hat später unter starker Erhitzung am Feuer und in der Sonne in mit mineralischen Säuren angesäuertem Wasser Blätter hingestellt, die natürlich sogleich absterben mußten und keine Art von Lebensthätigkeit auf ihre Umgebung ausüben konnten. Man muß bei diesem Versuche Sorge tragen, daß die Versuchsgefäße in der Sonne an einem luftigen Ort stehen, und daß die Temperatur nicht über 15° bis 18° Reaum. steigt.

25) In 40 Unzen gekochten Wassers, bis zur leisesten schmeckbaren Säuerung mit *Phosphorsäure*, ungefähr $\frac{1}{300}$, vermischt, gaben $1\frac{1}{4}$ Loth Ahorn- und Weinblätter an einem wenig hellen Tage bei sehr oft unterbrochenem Sonnenschein von Morgens 8 bis Abends 6 Uhr 3,7 Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser nur eine Spur Kohlensäure absorbirte.

Dasselbe Experiment an einem ganz sonnenhellen Tage wiederholt, lieferte 5,2 Kbkzll. sehr reines Sauerstoffgas, wobei die Säure des Wassers verschwunden war. War noch nicht alle Säure gänzlich

lich verschwunden, so konnte sie durch neu hineingelegte Blätter im Sonnenschein gänzlich zum Verschwinden gebracht werden.

- 26) Mit neutralem phosphorsauren Natron geben die Blätter kein Sauerstoffgas. Setzt man aber zu der Auflösung etwas freie Phosphorsäure, so fängt sogleich die Sauerstoffentbindung an. Setzt man Klee-säure zu Knochenmehl oder phosphorsaurem Kalk und mengt dieses mit gekochtem Wasser, so entbinden die Blätter daraus Sauerstoffgas.

- 27) *Salpetersäure* in 600facher Verdünnung mit 40 Unzen Regenwassers gekocht, gab mit $1\frac{1}{4}$ Loth Blättern von Eichen, Ahorn und *Cytisus Laburnum* an einem wenig hellen Tage bei oft unterbrochenem Sonnenschein in 10 Stunden 1,9 Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser 0,6 Kbkzll. Kohlensäure absorbirte.

Dasselbe Experiment an einem ganz sonnenhellen Tage gab 5,6 Kbkzll. ganz reines Sauerstoffgas. Dabei verschwand die Säure des Wassers gänzlich. Im Durchschnitt mehrerer Versuche habe ich aus je 30 Tropfen Salpetersäure 7 Kbkzll. reines Sauerstoffgas erhalten.

- 28) In 40 Unzen mit 500 Theilen gekochten Regenwassers vermischter *Salzsäure* entwickelten $1\frac{1}{4}$ Loth Blätter von *Cytisus Laburnum*, *Vitis vinifera* und *Quercus Robur* von Morgens 7 bis Abends 6 Uhr an einem wolkigen Tage, wo die Sonne nur abwechselnd durchbrach, 3,6 Kbkzll. Sauerstoffgas, das 0,2 Kbkzll. Kohlensäure beigemischt enthielt. Salzsäure und Phosphorsäure gaben mir unter den mineralischen Säuren an trüben Tagen das meiste Sauerstoffgas.

Dasselbe Experiment an einem ganz sonnenhellen Tage wiederholt, gab 5,8 Kbkzll. ganz reines Sauerstoffgas. Die Säure des Wassers verschwindet in dem Maasse, als sich Sauerstoffgas entbindet. Blich nach einem ersten Versuch noch eine saure Reaction

in dem Wasser zurück, so konnte ich durch von Neuem hineingelegte Blätter im Sonnenschein auch den letzten Ueberrest zum Verschwinden bringen. Nach dem Verschwinden aller Säure sondert sich aus den in das Wasser gelegten Blättern kein Sauerstoffgas mehr ab.

- 29) In mit 500 Theilen gekochtem Regenwasser verdünnter *Schwefelsäure* gaben $1\frac{1}{4}$ Loth Blätter von *Quercus Robur*, *Acer dasycarpum* und *Cytisus Laburnum* an einem trüben, abwechselnd sonnenhellen Tage von Morgens 7 bis Abends 6 Uhr 2,35 Kbkzll. Sauerstoffgas, woraus Kalkwasser 0,1 Kbkzll. Kohlensäure absorbirte. Die Säure verschwand in dem Maafse, als sich Sauerstoffgas entwickelte.

Dasselbe Experiment an einem ganz sonnenhellen Tage wiederholt, lieferte 6,1 Kbkzll. sehr reines Sauerstoffgas. Ich habe im Durchschnitt aus 30 Tropfen Schwefelsäure 9 Kbkzll. Sauerstoffgas erhalten.

In Gypswasser gaben die obengenannten Blätter kein Sauerstoffgas. Eben so wenig in verdünnten Auflösungen von Glaubersalz und schwefelsaurem Kali.

Ich setzte zu 40 Gran, in $\frac{3}{4}$ Quart gekochtem Regenwasser aufgerührten Gyps 20 Gran Kleesäure und legte Blätter von *Galega offic.*, *Ribes aureum*, *Acer dasycarpum* hinein. Sie gaben an einem sonnenhellen Tage 5,7 Kbkzll. reines Sauerstoffgas.

Die Kleesäure ist eine merkwürdige Säure in ihrem Verhalten zur Pflanzenöconomie. Sie wird sehr schwer zersetzt, eben so schwer wie die Kohlensäure, und giebt, wie diese, nur im hellen Sonnenschein, ohne Stickgas, Sauerstoff, der selbst dann noch immer kohlenensäurehaltig ist, wenn Milchsäure, Salpetersäure, Phosphorsäure ganz reines Sauerstoffgas geben. Wahrscheinlich dient die Kleesäure nur zur Zersetzung der schwefelsauren, salpetersauren und phosphorsauren Kalksalze in der Pflanze.

Wirkung des Humusdekokts und des Zuckers.

Die vegetabilische Dammerde, wie sie von den Gärtnern unter dem Namen Haideerde zum Verpflanzen der Topfgewächse verwendet wird, ist, je nachdem sie aus Laub- oder Nadelholzwaldungen genommen wurde, dem Ursprung nach offenbar verschieden. Die Sorten unterscheiden sich aber, wenn sie das gehörige Alter haben und völlig durchgestockt sind, sehr wenig, und geben ein nur mehr oder weniger dunkelbraun gefärbtes, scharf bitterlich-süßlich, fast lakritzenartig schmeckendes Dekokt. Am dunkelsten ist das Dekokt der Dammerde von höher gelegenen Orten; wogegen die Dammerde aus sumpfigen Elsbrüchen mir immer nur schwach gefärbte Dekokte gab, ungeachtet die Dammerde auf's vollständigste bis zur Zerstörung alles vegetabilischen Gefüges durchgestockt erschien. Die Dekokte verschiedener Dammerden von gleichen Concentrationsgraden und Farben haben mir auch keine bemerkbare verschiedene Wirkung gezeigt. Da eine gleiche Quantität Dammerde eine ganz verschiedene Menge Extrakt giebt, je nachdem sie längere oder kürzere Zeit mit etwas mehr oder weniger Wasser gekocht wird, und eine Eintrocknung und Wiederauflösung des Extrakts dieses immer sehr verändert, so habe ich die Concentrationsgrade des anzuwendenden Dekokts immer nach dem Grade der Dunkelheit seiner Farbe abgemessen. Die Dekokte wurden vor der Anwendung sorgfältig filtrirt, und waren ganz klar und durchsichtig. Nur die Dekokte von Dammerden, welche alten thierischen Dünger enthalten, pflegen auch nach dem Filtriren etwas trübe zu seyn. Die Humusdekokte sind in der Regel neutral, zuweilen aber reagiren sie säuerlich gegen Lackmuspapier.

30) Filtrirtes neutrales Dammerdedekokt von guter Haideerde wurde bis zu einer dunklen Rheinweinfarbe mit gekochtem Wasser vermischt, und in $1\frac{1}{2}$ Quart

dieser Mischung $1\frac{1}{2}$ Loth Blätter von *Cytisus Laburnum*, *Acer dasycarpum* und *Vitis vinifera* abgesperret. Von Morgens 7 bis Abends 6 Uhr im fortwährenden Sonnenschein entwickelten sich hieraus 5,9 Kbkzll. Sauerstoffgas, worin sich glühende Späne mit Lebhaftigkeit entzündeten und mit blendend heller Flamme brannten. Von diesem Gase absorbirte Kalkwasser 0,2 Kbkzll. Kohlensäure. Das Dammerdedekokt reagirte nach dem Versuch etwas sauer, obgleich kaum Spur von Verderbnis, weder in den Blättern, noch in der Flüssigkeit, zu finden war.

- 31) Derselbe Versuch mit einer gleichen Menge Blätter von *Ribes aureum*, *Quercus Robur* und *Polygonum Bistorta* gleichzeitig mit dem vorigen angestellt, lieferte 5,7 Kbkzll. Sauerstoffgas von derselben Reinheit, wovon Kalkwasser nur 0,1 Kbkzll. Kohlensäure absorbirte.
- 32) Derselbe Versuch (31) an einem wolkigen Tage, wo die Sonne nur in Zwischenräumen schien, angestellt, gab von Morgens 9 bis Abends 5 Uhr 2,6 Kbkzll. Luft, woraus Kalkwasser 0,5 Kbkzll. Kohlensäure absorbirte. In dem Ueberrest, nach Absorption der Kohlensäure, entzündete sich ein glimmender Span plötzlich und brannte mit heller Flamme. Das nach dem Versuch übrigbleibende Dammerdewasser reagirte merklich sauer, behielt aber dabei seinen ganz frischen Geruch, und zeigte nicht die geringste Spur von etwaniger Zersetzung oder Gährung; wie denn überhaupt merkwürdig ist, daß sich die Blätter in Dammerdedekokt mehrere Tage lang, und immer viel länger frisch erhalten, als in irgend einer der von mir zu den Versuchen angewandten Substanzen.
- 33) In das nach dem vorigen Versuch übriggebliebene saure Dammerdewasser wurden am folgenden Morgen von Neuem eine gleiche Menge Blätter gelegt und

in die Sonne gestellt. Sie gaben bei fortdauerndem Sonnenschein von Morgens 7 bis Nachmittags 5 Uhr 5,1 Kbkzll. Sauerstoffgas, das nur 0,05 Kbkzll. Kohlensäure enthielt.

Derselbe Versuch mit dem hier übriggebliebenen Dammerdewasser zum dritten Mal wiederholt, gab noch 4,9 Kbkzll. ziemlich reines Sauerstoffgas.

- 34) Dammerdedekokt aus alter Dammerde, worin Kuhmist verfault war, gab mir bei, unter gleichen Verhältnissen wiederholten Versuchen nur an ganz sonnenhellen Tagen wenig, immer mit Kohlensäure vermengten Sauerstoff; und an bewölkten Tagen nur mit Kohlensäure vermengte atmosphärische Luft; an ganz trüben Tagen reine Kohlensäure.
- 35) Sogenannte saure Dammerde aus Moorwiesen und (Els-) Lüchern, die immer unter Wasser stehen oder beständig von Quellwasser durchzogen werden, ungeachtet sie schwärzer ist als Dammerde von trockenem Grunde, gab mir immer ein sehr wenig gefärbtes Dekokt, selbst dann, wenn sie mit Lauge gekocht wurde, und dieses gab nur einen unbedeutenden trocknen Rückstand, zum Beweis, daß das Wasser wenig aus solcher Erde auflöst. Niemals zeigten die verschiedensten Pflanzenblätter eine merkliche Sauerstoffaushauchung in solchem Dekokte. Diese Dekokte reagierten niemals sauer, obgleich man die Dammerde sauer nennt, woraus sie bereitet worden.
- 36) In 40 Unzen gekochten Wassers wurden drei Drachmen Traubenzucker aufgelöst, und die Flüssigkeit mit $1\frac{1}{4}$ Loth Blättern von *Acer platanoides*, *Quercus Robur* und *Cytisus Laburnum* abgesperrt. In Zeit von 9 Stunden entwickelten sich im Sonnenschein 2,85 Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser 0,3 Kbkzll. Kohlensäure absorbierte. Das Wasser hatte sich durch den Versuch getrübt, jedoch ohne eine merklich saure Reaction zu zeigen. In dasselbe nach dem Versuch

übrige Wasser wurden am folgenden Tage von Neuem eine gleiche Quantität Blätter gelegt und 8 Stunden in die Sonne gestellt. Es entwickelten sich 4,3 Kbkzll. Sauerstoffgas, wovon Kalkwasser 0,32 Kbkzll. Kohlensäure absorbirte.

- 37) In 40 Unzen gekochten Regenwassers wurden 2 Drachmen weissen Rohrzuckers gelöst, und mit der Flüssigkeit $1\frac{1}{4}$ Loth Blätter von *Vitis vinifera*, *Acer dasycarpum* und *Quercus Robur* abgesperrt, und 10 Stunden in die Sonne gestellt. Es hatten sich 2,7 Kbkzll. Gas entwickelt, das von Kalkwasser kaum getrübt wurde, und worin ein glühender Span sich mit der hellsten Flamme entzündete und brannte. Das nach dem Versuch übrige Wasser war etwas opalisirend, ohne Spuren von Zersetzung, doch zeigt Lackmuspapier eine Spur von Röthung, die aber in anderen vergleichenden Versuchen fehlte. Kalkwasser trübte das Wasser durchaus nicht weiter, so daß aller Verdacht von Kohlensäurebildung in demselben entfernt wurde.

In dieses rückständige Wasser wurden am folgenden Tage von Neuem eine gleiche Quantität Blätter von *Acer dasycarpum*, *Vitis vinifera* und *Quercus Robur* gelegt, und 7 Stunden lang in die Sonne gestellt. Es hatten sich bei einer fast sprudelnden Blasenbildung auf den Blättern in dieser Zeit 5,21 Kbkzll. Sauerstoffgas entwickelt, das Kalkwasser nur unmerklich trübte, und worin glimmende Späne sich aufs stärkste entflammten und brannten.

- 38) In 50 Unzen opalisirenden rückständigen Zuckerwassers, aus einem vergleichenden Versuch, worin $2\frac{1}{2}$ Drachme Rohrzucker gelöst waren, gaben $1\frac{1}{2}$ Loth von Neuem hineingelegte Blätter in Zeit von 9 Stunden im Sonnenschein 10,2 Kbkzll. Sauerstoffgas, das von Kalkwasser unmerklich getrübt, und durch Verbren-

brennen von Phosphor bis auf einem Rückstand von 0,4 Kbkzll. absorbirt wurde.

- 39) Zwei Drachmen Milchzucker wurden in 40 Unzen Wasser gelöst, und dieses mit $1\frac{1}{4}$ Loth Blättern von *Acer dasycarpum* 10 Stunden in die Sonne gestellt. Es hatten sich 1,9 Kbkzll. ziemlich reines Sauerstoffgas entwickelt.
- 40) Das rückständige ganz klare Milchzuckerwasser aus vorigem Versuch, das durch Kalkwasser nicht im geringsten getrübt wurde, wurde am folgenden Tage von Neuem mit einer gleichen Menge Ahornblätter 10 Stunden in die Sonne gestellt. Es fing bald eine sprudelnde Gasentwicklung an, und bei Beendigung der Versuche wurden 7,8 Kbkzll. Sauerstoffgas gewonnen, das Kalkwasser nur unmerklich trübte. Das rückständige Wasser röthete unmerklich Lackmuspapier.
- 41) Ein ähnlicher Versuch, an einem trüben Tage angestellt, lieferte 4,5 Kbkzll. Gas, worin 0,4 Kbkzll. Kohlensäure und 2,1 Kbkzll. Stickgas nebst 2 Kbkzll. Sauerstoffgas enthalten waren. Die immense und sprudelnde Production von Sauerstoffgas durch die in Zuckerwasser liegenden Blätter übertrifft bis zum Erstaunen beinahe jede Vorstellung.
- 42) Ich habe viele Versuche angestellt, um die Wirkung der Gemenge von Neutralsalzen und Zucker zu erfahren. Anfangs schien es mir, als ob die Sauerstoffentbindung durch Zumischung von Salzen zum Zuckerwasser nicht vermehrt würde; später habe ich mich überzeugt, daß in den Gemengen von Salzen und Zucker der Zucker in die Stelle der freien Säure der sauren weinsäuren, apfelsäuren, citronensäuren Salze treten könnte. Wiederholte Versuche haben mich belehrt, daß Zusätze von ungefähr $\frac{1}{2}$ Procent Salmiak, Salpeter, Glaubersalz, phosphoraurem Na-

tron zu Zuckerwasser die Sauerstoffentbindung aus dem Zucker schon von Anfang an beschleunigen. Salmiak und Salpeter sind die beiden Salze durch deren Zumischung zu frischer Zuckerauflösung die Sauerstoffausscheidung am meisten befördert wurde.

In reiner Zuckerauflösung geht die Sauerstoffausscheidung anfangs sehr langsam vor sich, und erst nach 6 bis 8 Stunden, wenn die Auflösung anfängt zu opalisiren, fängt sie an merklich zu werden. In den Gemengen von Zucker mit Salzen wird dieses Opalisiren der Zuckerlösung viel früher hervorgebracht, und die Sauerstoffentbindung geht viel schneller vor sich. Ich habe keinerlei Beweis, daß die Salze selbst hierbei zersetzt werden; vielmehr scheinen sie nur die Lebenserregung der Pflanze und deren Wirkung auf die Zuckerzersetzung zu erhöhen.

Wasserstoffausscheidung durch grüne Blätter.

- 43) Die gewöhnliche vorläufige Probe, wodurch ich den ungefähren Sauerstoffgehalt der aus den Blättern erhaltenen Luft untersuchte, war, daß ich einen glimmenden Span hineinsteckte, um zu sehen, ob er sich schnell entzündete und hell brennte. Dabei war mir schon mehrmals aufgefallen, daß eine Luft, deren Sauerstoffgehalt ich aus vorheriger Untersuchung sicher kannte, wenn sie noch einige Zeit im Dunklen über dem Wasser stehen blieb, worin Blätter lagen, den glimmenden Span nicht recht entflammen wollte, ohne daß jedoch diese Luft das Kalkwasser merklich trübte. Als ich zufällig in eine Luft, die sich an einem trüben Tage aus Blättern in Zuckerwasser entwickelt hatte, anstatt mit einem bloß glimmenden, mit einem noch brennenden Span fuhr, fand ich zu meinem Erstaunen, daß mit einem Knall eine Explosion entstand, wobei mir die ganze Glasröhre zersprang. Es war also kein Zweifel, daß ich Knallluft (ein Ge-

menge von Sauerstoff und Wasserstoff) vor mir hatte. Indessen hielt ich im vergangenen Sommer (1843) die Wasserstoffbildung für zufällig, und da mir noch so manche andere Dinge aufzuklären blieben, verfolgte ich sie nicht weiter. In diesem Sommer (1844) stiefs mir aber, bei der fast beständig trüben Witterung, das Phänomen der Knallluftentwicklung wieder auf, indem mir von Neuem eine mit Luft gefüllte Messröhre, der ich mit einem noch brennenden Span nahe kam, mit einem heftigen Knall zersprang. Jetzt widmete ich der Sache mehr Aufmerksamkeit, und habe durch wiederholte Versuche gefunden, dafs besonders in Rohrzucker-, Traubenzucker-, Milchwasser-, in Gerberbrühe-, Molken-Wasser die grünen, ganz frischen und durchaus unverdorbenen Blätter sowohl bei trübem Himmel am Tage, als auch wenn sie nach Sonnenuntergang noch längere Zeit am Abend oder die ganze Nacht hindurch stehen bleiben, immer Wasserstoff ausser dem Sauerstoff entbinden, und eine Knallluft erzeugen, die den Platinschwamm sogleich entzündet. Die gleichzeitige Kohlensäureentbindung ist dabei gewöhnlich sehr gering; allein immer ist die Knallluftentbindung an trüben Tagen augenscheinlich. Der Platinschwamm ist mir bei Untersuchung dieser Luft sehr nützlich geworden. Es ist also als ausgemacht zu betrachten, dafs die grünen Pflanzen, ausser der Fähigkeit der Kohlensäureentwicklung, auch noch die Fähigkeit Wasserstoff zu entbinden besitzen, wodurch denn der Stoffumbildung im Inneren eine noch gröfsere Breite gegeben ist. Das Verhalten der wasserstoffhaltigen Luft gegen Platinschwamm oder gegen einen Funken eines brennenden Spans ist sehr verschieden, je nach der verschiedenen Menge von Wasserstoff, die der Luft zugefügt worden ist. Ist die Menge gering, so entsteht oft gar keine Explosion, sondern der Platinschwamm fängt nur schwach

an zu glühen; ist die Menge etwas gröfser, so entsteht zwar eine Explosion, aber nur ein kaum hörbarer feiner Knips; oft aber wird die Menge so grofs, dafs die Glasröhren beim Aufknallen springen, wenn man mit dem Platinschwamm oder mit einem Funken in die wasserstoffhaltige Luft hineinfährt.

Wirkung der Pflanzen auf die zu assimilirenden Substanzen.

Eine genauere Beobachtung des Verlaufs der Erscheinungen bei der Sauerstoffentbindung aus den assimilirbaren Nahrungsstoffen der Pflanzen mufste mich bald überzeugen, dafs dieser Hergang nicht ohne verändernde Einwirkung der Pflanzentheile auf die zu assimilirenden Substanzen geschehe, und nachdem ich hierauf aufmerksam geworden, fand sich sehr bald, dafs die Pflanzen die ihnen dargebotenen Nahrungstoffe niemals unverändert einsaugen, sondern diese immer schon vorher verändern, indem sie durch Berührung mit ihrer Umgebung auf diese ähnlich einwirken, wie der Magen und Darmkanal der Thiere auf die Speisen.

Zuerst fiel es mir auf, dafs wenn ich Blätter in ganz frische, gekochte saure Molken legte, immer der darin noch aufgelöste Zieger gerann. Bekanntlich gerinnt in der Milch nicht sogleich aller Käsestoff, sondern ein Theil desselben, den Schübler Zieger nennt, bleibt in den Molken zurück und kann durch Zusatz von Säuren in der Hitze zum Gerinnen gebracht werden. Dieser Zieger wird durch in die filtrirten Molken gelegte Blätter zum Gerinnen gebracht, was sehr auffallend ist, da die ganz klare Flüssigkeit dabei sich sogleich trübt.

Dieses Phänomen erinnerte mich an die auf dem Lande übliche Praxis, durch Hineinlegen einiger grüner Blätter in die Milch die Gerinnung derselben zu beschleunigen. Bekanntlich ist das Labkraut (*Galium verum*) von Alters her als Milchgerinnungsmittel berühmt, und es hat sogar seinen Namen von der Milch (*γάλα*).

Merkwürdig genug haben weder Varro, noch Columella, noch Plinius etwas von dem Gebrauch im Alterthum, durch Kraut von *Galium* die Milchgerinnung zu bewirken, etwas aufgezeichnet. Vielmehr nennt Columella die Feigenblätter als ein bei der Käsebereitung der Alten gebräuchliches Gerinnungsmittel ¹). Viele haben dem Labkraut die gerinnende Kraft abgesprochen, so dafs ich selbst der Sache einige Aufmerksamkeit gewidmet habe. Allerdings wirken in die Milch gelegte *Galium*-Zweige keineswegs so schnell gerinnend als Kälberlab oder Säuren. Allein aus vergleichenden Versuchen sieht man sehr bald, dafs unter gleichen Aufsenverhältnissen diejenige Milch, in welche Labkraut gelegt war, immer etwas früher gerinnt als diejenige ohne Labkraut, wenn auch 16 bis 21 Stunden darüber vergehen sollten. Indessen habe ich mich bald überzeugt, dafs diese gerinnende Wirkung nicht blofs den *Galium*-Blättern und den Feigenblättern eigen ist, sondern dafs alle grünen Blätter, ohne Ueterschied, ja auch in die Milch gelegte Mohrrüben und Petersilienwurzeln ganz dieselbe Wirkung haben. Hierbei habe ich aber die Bemerkung gemacht, dafs man bei der Milchgerinnung zweierlei Dinge gäuzlich von einander unterscheiden mufs: nämlich das Sauerwerden und die Gerinnung. Die süsse Milch kann nämlich durch Lab und bei Gewittern gerinnen, ohne merklich sauer zu werden; und umgekehrt kann, besonders bei kühler Witterung, die Milch sehr sauer werden, ohne zu gerinnen. Ich finde nun, dafs die in die Milch gelegten Blätter vorzüglich die Wirkung haben, die Milch nach einiger Zeit sauer zu machen, wobei aber oft noch gar keine Gerinnung folgt. Darin liegt wohl der Grund, weshalb Viele dem *Galium* die gerinnende Kraft abgesprochen haben. Solche saure Milch gerinnt später, aber doch vollkommener als andere

1) *Nec dubium quin fici ramulis glaciatur uscaseus jucundissime sapiat.* (Columella, *de re rustica*, Lib. VII cap. VIII.)

ohne hineingelegte Blätter, und kann gewöhnlich durch Erwärmung sogleich zum Gerinnen gebracht werden.

Die Säuerung der Milch geschieht nur durch Zersetzung (eines Theils) des in derselben enthaltenen Milchzuckers, was man daran sieht, dafs man nur aus den Molken der durch Lab zum Gerinnen gebrachten süfsen Milch Milchzucker in gröfserer Menge erhält; nicht aber, oder nur in höchst geringer Menge, aus den Molken der sauren Milch.

So wirken denn die Pflanzen vorzüglich auf den in der Milch enthaltenen Milchzucker, den sie in Milchsäure umbilden. In den Versuchen, die ich über die Sauerstoffentbindung der Blätter in Milchzuckerauflösung anstellte, fand sich zwar keine merkliche Säurebildung in dem rückständigen Wasser, jedoch waren, besonders im Schatten, häufig Spuren von Röthung des Lackmuspapiers, und es ist möglich, dafs im Fortgange der Sauerstoffentbindung im Lichte die sich bildende Säure immer sogleich wieder zersetzt und die Flüssigkeit dadurch neutral erhalten wird.

Indessen ist der Oxydationsprocefs des Milchzuckers und die Säurebildung keineswegs die alleinige Veränderung, welche die grünen Blätter in dem Milchzuckerwasser hervorbringen. Vielmehr wird der Milchzucker dabei zuletzt in Stärkegummi oder Holzsaftgummi rückgebildet, wie ich es durch das sogleich zu erwähnende Reägenz beobachten konnte. Milchzucker reagirt dagegen wie Traubenzucker; sobald aber Blätter oder Wurzeln längere Zeit in Milchzuckerauflösung gelegen haben, entsteht die Reaction auf Holzsaftgummi. Nur ist die Färbung durch das Reägenz in dem umgebildeten Milchzuckerwasser mehr grasgrün, während das Präcipitat durch Saftgummi mehr olivengrün erscheint.

Sehr auffallend ist die Wirkung der Blätter auf die Auflösungen von Rohrzucker, die ich zu den Versuchen über Zuckerassimilation anstellte. Ich habe schon ange-

geben, daß das Zuckerwasser, worin Pflanzenblätter liegen, nach mehreren Stunden opalisirend wird. Hiermit ist aber zugleich eine vollständige Umbildung des Zuckers selbst verbunden. Wir haben ein sehr charakteristisches Reagenz für den Rohrzucker an dem Kupfervitriol, der nach dem Zusatze von etwas Aetzkallilauge in der Wärme eine ganz klare, himmelblaue Auflösung giebt, wogegen der Traubenzucker, unter denselben Umständen, ein rothbraunes Präcipitat von Kupferoxydul, oft mit einem Anflug von reducirtem regulinischen Kupfer, giebt.

Wenn ich nun dieses Reagenz auf solches Rohrzuckerwasser anwendete, worin grüne Blätter längere Zeit gelegen hatten, oder auf Rohrzuckerwasser, das nach den Versuchen über die Sauerstoffentbindung übrig blieb, so zeigte sich die charakteristische Eigenschaft des Rohrzuckers (die himmelblaue Färbung) verschwunden, und anstatt deren trat die schmutzig braungrüne Färbung ein, welche ich bei diesem Reagenz durch das Gummi aus den Holzsäften entstehen sah. (Cyklose des Lebenssaftes, S. 197.) Der Rohrzucker war also durch die Wirkung der lebendigen Blätter in eine dem Stärkergummi ähnliche Substanz umgebildet worden. Dabei war der süße Geschmack gänzlich verschwunden, und ein ganz eigenthümlicher süßlicher Geruch bemerklich. Die für das Holzsaftgummi charakteristische braungrüne Färbung des Kupferniederschlags trat vollständig erst ein, wenn die Blätter 12 bis 24 Stunden in dem Zuckerwasser gelegen hatten. Eine 8 bis 10 Stunden dauernde Berührung der Blätter mit Zuckerwasser erzeugte in diesem die charakteristische rothbraune Präcipitation des Traubenzuckers nach dem Zusatz von Kupfervitriol und Aetzkali. Man sieht hieraus, daß bei diesen Einwirkungen der Blätter der Rohrzucker zuerst in Traubenzucker rückgebildet und der Traubenzucker wieder in eine gummiartige Substanz verwandelt wird. Das angegebene

Reagenz (Kupfervitriol und Aetzkali) zeigt übrigens, wenn die Umbildung des Zuckers einmal begonnen hat, fast von Stunde zu Stunde in dem mit Blättern in Berührung stehenden Zuckerwasser andere Veränderungen. Zuerst ändert sich die klare himmelblaue Färbung des Rohrzuckers dabei in eine noch klare blaugrüne und grasgrüne um. Wartet man noch mehrere Stunden, so bildet das Reagenz ein rothbraunes Präcipitat, über dem aber noch eine blaue Flüssigkeit stehen bleibt. Später wird die ganze Flüssigkeit rothbraun, und noch später entsteht die olivenbraune Gummireaction.

Ich legte nunmehr in Rohrzuckerwasser junge Mohrrüben- und Petersilienpflanzen, blofs mit den Wurzeln. Nach 12 Stunden war die Rohrzuckerreaction schon gänzlich durch die Berührung mit diesen Wurzeln verschwunden, und anstatt deren die Traubenzuckerreaction eingetreten, die nach kurzer Zeit in die Gummireaction überging. Die Wurzeln sind also eben sowohl als die Blätter fähig, durch ihre Lebensthätigkeit den Rohrzucker in Traubenzucker und Gummi rückzubilden. Auf Stärkezucker und gemeinen Syrup wirken die Blätter und Wurzeln der Pflanzen ebenfalls verändernd ein, indem sie den Zucker ebenfalls in Holzsaftgummi umbilden. Zuerst sieht man in Syrupswasser durch hineingelegte Blätter und Wurzeln den süfsen Geschmack in einen faden übergehen. Allein die charakteristische Traubenzuckerreaction gegen Kupfervitriol erhält sich viel länger, als die Rohrzuckerreaction in dem Rohrzuckerwasser, worin Blätter liegen. Oft vergehen mehrere Tage, bevor sich die Traubenzuckerreaction in die Gummireaction umbildet. Es ist ähnlich beim Milchzuckerwasser, worin Blätter oder Wurzeln liegen, doch scheint sich der Milchzucker noch leichter, als der Traubenzucker umbilden zu lassen.

Diese Versuche lassen keinen Zweifel übrig, dafs die lebendigen Pflanzentheile eine stoffumbildende Kraft auf die mit ihnen in Berührung kommenden Nahrungs-

stoffe ausüben, und dafs, mit Ausnahme der Salze und gewisser Säuren, vielleicht kein einziges der sich den Pflanzen darbietenden Nahrungsmittel unverändert von ihnen eingesaugt wird. Die digerirende Einwirkung der Pflanzen auf ihre Umgebung geschieht nicht durch blofsen Contact, sondern mit Hülfe der Secretionen, welche die Oberflächen bilden. Die Gründe, durch welche wir diese gezeigt haben, sind indessen vorzüglich physiologisch, so dafs es vielleicht hier nicht am Orte wäre darauf einzugehen. Wir verweisen daher die geehrten Leser, welche sich näher dafür interessiren, in Betreff dieses Punkts, so wie auch in Betreff des ganzen Ganges der Pflanzenernährung, auf dasjenige, was darüber in der Schrift: »*Die Entdeckung der Pflanzennahrung*« gesagt worden ist.

XIII. *Untersuchung des Sonnensteins; von Th. Scheerer in Christiania.*

(Vorgetragen in der Versammlung der skandinavischen Naturforscher zu Christiania.)

Der Sonnenstein, auch Avanturin-Feldspath (*Feldspath aventuré*) genannt, ist bekanntlich früher ausschliesslich in der Umgebung von Archangel ¹⁾, besonders auf der Insel Cedlovatoi, angetroffen worden. Später hat man denselben auf Ceylon ²⁾, und neuerlich hat ihn Fiedler ³⁾ in der Nähe des Baikal-Sees gefunden. Vor ungefähr einem Jahre machte Hr. Stud. mineral. Wei-bye die interessante Entdeckung, dafs Avanturin-Feldspath, von einer vielleicht noch nie gesehenen Schönheit,

1) Haüy, *Traité de Min. Vol. II* p. 607; Buffon, *Hist. nat. des min. Vol. I* p. 67.

2) Zuzolge des neusten Verzeichnisses der K. Sächsischen Mineralien-Niederlage.

3) Diese Annalen, Bd. XLVI S. 189.