

Brenztraubensäure unter den Spaltungsprodukten der Proteinstoffe.

Von

K. A. H. Mörner.

(Aus dem chem. Laboratorium des Karolinischen med.-chir. Instituts Stockholm.)
Der Redaktion zugegangen am 21. Mai 1904.)

In dieser Zeitschrift hat F. Suter¹⁾ die Frage behandelt, ob Brenztraubensäure ein Spaltungsprodukt von Hornsubstanz sei, und sie verneinend beantwortet. Frische Tyrosinmutterlauge wurde mit Schwefelsäure stark angesäuert und mit einer Mischung von Äther und Alkohol extrahiert. Der Rückstand der ätherischen Lösung wurde mit Wasser aufgenommen und mit Quecksilberchlorid gefällt: das Filtrat wurde mit Schwefelwasserstoff behandelt: eine Bildung von Thiomilchsäure konnte weder durch Prüfung mit Quecksilberchlorid, noch durch die Kupfersulfatreaktion nachgewiesen werden, woraus geschlossen wird, daß keine Brenztraubensäure aus der Hornsubstanz gebildet würde. Es wird nicht angegeben, warum nicht, statt dieses komplizierten Verfahrens, die empfindliche Reaktion auf Brenztraubensäure mit salzsaurem Phenylhydrazin in Verwendung kam. Daß die Bedeutung eines mit dieser Reaktion erlangten positiven Resultats nicht durch den negativen Befund von Suter entkräftet wird, liegt auf der Hand.

In einer Abhandlung,²⁾ worin ich zuerst die Bildung des Cystins aus Hornsubstanz mitteilte, wurde angegeben, daß nach dem Zersetzen der Hornsubstanz mit Salzsäure eine schwerflüchtige, jodoformgebende Substanz in das Destillat überging, als die Zersetzungsflüssigkeit bei niedrigem Drucke abdestilliert wurde: der Schwerflüchtigkeit wegen konnte diese Substanz

¹⁾ F. Suter, Diese Zeitschrift, Bd. XX, 1895, S. 581.

²⁾ K. A. H. Mörner, Diese Zeitschrift, Bd. XXVIII, 1899, S. 600.

nicht Aceton sein. Im Anschluß an diese Beobachtung habe ich die Möglichkeit einer Bildung von Brenztraubensäure geprüft, und dabei gesehen, daß eine Bildung dieser Säure vorkommen kann, wenn ihr auch eine nur untergeordnete Bedeutung zugeschrieben werden darf.

Zur Zersetzung wurden die Proteinsubstanzen, wie ich es früher für die Cystindarstellung beschrieben habe, mit 2—4 Teilen Salzsäure¹⁾ (von 25^o/c) und Wasser (die Konzentration der Säure war etwa 15^o/c oder weniger) in einem verschlossenen Kolben, welcher auf einem kochenden Wasserbade stand, mehrere Tage erhitzt: die Temperatur des Kolbeninhaltes war etwa 90^o: nach einer Woche war die Biuretreaktion im allgemeinen gänzlich oder beinahe gänzlich verschwunden.

Rücksichtlich der Prüfung auf Brenztraubensäure habe ich mich überzeugt, daß diese Säure bei dem Erhitzen nicht zerstört wurde, und daß sie leicht durch das Äther aufgenommen wird.

Die Zersetzungsflüssigkeit wurde ausgeäthert, die Ätherlösung mit ein wenig Wasser gewaschen (welches jedoch bisweilen eine nennenswerte Menge der gesuchten Substanz aufnahm). Der nach dem Abdestillieren des Äthers verbleibende Rückstand wurde mit der Jodoformprobe und der Phenylhydrazinreaktion untersucht.

Mit Jodjodkaliumlösung, unter Zusatz der nötigen Menge Natronlauge, gibt eine wässrige Lösung der Brenztraubensäure (ebenso wie Lävulinsäure) schon in der Kälte eine reichliche Ausscheidung von Jodoform. Dies ist selbstverständlich für die Brenztraubensäure nur insofern kennzeichnend, als ein negativer Ausschlag die Gegenwart der Säure ausschließt: die Reaktion ist nämlich sehr empfindlich.

Die mit Salzsäure schwach angesäuerte wässrige Lösung der Brenztraubensäure gibt bekanntlich, auch bei ziemlich großer Verdünnung, bei Zusatz von salzsaurem Phenylhydrazin ein in Nadeln kristallisierendes Hydrazon. Nach Auflösung in kochendem Wasser kann das Hydrazon sich beim Umkristalli-

¹⁾ Zersetzung der Substanz durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure hat mir bei Darstellung des Cystins sehr wenig befriedigende Resultate gegeben.

sieren in der Form von mehreren Zentimeter langen, haarfeinen Nadeln ausscheiden, welche eine gelbe Farbe haben. Beim Umkristallisieren aus Sodalösung wurde die Säure in kleinen, beinahe farblosen Kristallen erhalten.

Der Schmelzpunkt des Brenztraubensäurephenylhydrazons wird verschieden angegeben. Nach E. Fischer¹⁾ schmilzt es unter Zersetzung bei 192°. Nach Behrend und Tryller²⁾ schmilzt es je nach der Art des Erhitzens bei 178—183°. In meinen eigenen Versuchen erhielt ich den Wert 180—182°.

In konzentrierter Schwefelsäure löst sich das Hydrazon mit gelber Farbe, welche bald in Rot umschlägt. Beim Zusatz eines Oxydationsmittels, wie Kaliumdichromat, zur Lösung in konzentrierter Schwefelsäure entsteht, wie Bülow³⁾ angegeben hat, eine schöne purpurne und später blauviolette Farbe.

Das Hydrazon ist nach E. Fischer sehr beständig. Verschiedene Versuche, welche ich ausführte, um die Brenztraubensäure daraus abzuspalten, fielen alle negativ aus.

Die Ausscheidung des Brenztraubensäurephenylhydrazons findet nicht in so verdünnter Lösung statt, wie die Bildung von Jodoform. Die Hydrazonreaktion ist aber für die Feststellung der Identität der Säure von größerer Bedeutung.

Zur Untersuchung der Substanz des Rinderhorns wurden 500 g reine, besonders verfertigte, mit Äther behandelte Hornspäne 6 Tage mit Salzsäure erhitzt. Ein Zehntel der Lösung wurde mit Äther extrahiert; die Untersuchung durch die Jodoformprobe und mit Phenylhydrazin gab positives Resultat, aber ziemlich schwach. Der übrige Teil wurde noch 3 Tage erhitzt. Der größere Teil der Flüssigkeit (380 g Hornsubstanz entsprechend) wurde mit Äther ausgeschüttelt. Der Rückstand der Ätherlösung gab Hydrazonkristalle, deren Gesamtmenge nach dem Umkristallisieren 0,87 g betrug. Das Umkristallisieren geschah aus kochendem Wasser, wobei zugleich mit Tierkohle

¹⁾ E. Fischer, Ber. d. d. chem. Gesellsch., Bd. 16, 1883, S. 2241 und Bd. 17, 1884, S. 578.

²⁾ Behrend und Tryller, Annalen der Chemie, Bd. 283, 1894, S. 227.

³⁾ Bülow, Annalen der Chemie, Bd. 236, S. 195.

entfärbt wurde. Ein kleiner, schwerer löslicher Teil (Präparat A) wurde dabei von dem größeren, mehr löslichen Teil abgetrennt.

Präparat A. Der schwerlösliche Teil hatte den Schmelzpunkt 176° . Er wurde noch einmal umkristallisiert. Der Schmelzpunkt war dann, wie für das Hydrazon der Brenztraubensäure, $181-182^{\circ}$. Das Präparat bildete schöne prismatische Kristalle.

Zwei Verbrennungen im Vacuum¹⁾ mit Kupferoxyd wurden ausgeführt.

0.0656 g der Substanz gaben 74.99 ccm CO_2 und 8.42 ccm Stickstoff (bei 0° und 760 mm), was 40.45 mg oder 61.70% C und 10.58 mg oder 16.14% N entspricht.

0.0474 g der Substanz gaben 53.64 ccm CO_2 und 5.88 ccm Stickstoff, was 28.94 mg oder 61.04% C und 7.39 mg oder 15.59% N entspricht.

Der mehr lösliche Teil des Präparates enthielt augenscheinlich mehr als ein Hydrazon. Die nähere Untersuchung zeigte nämlich, daß er ein schwerlösliches Hydrazon enthielt, welches mit dem Hydrazon der Brenztraubensäure übereinstimmte, und einen anderen Teil, der weniger schwer löslich war und einen niedrigeren Schmelzpunkt hatte. Nach einmaligem Umkristallisieren sahen die Kristalle wie Rhomboeder aus, welche zu kolbenförmigen und rankenähnlichen Gebilden vereinigt waren. Der Schmelzpunkt war dann 153° . Durch mehrmaliges Umkristallisieren (unter Zusatz von Tierkohle) wurden daraus zwei schwerer lösliche Präparate, B und C, erhalten, welche einen höheren Schmelzpunkt hatten. (Den leichtlöslicheren Teil in solcher Form zu erhalten, daß er näher untersucht werden konnte, gelang nicht.)

Das Präparat B schied sich aus verdünnter Wasserlösung in der Form von haarfeinen Kristallen aus, welche mehrere Zentimeter lang waren, und denen ganz ähnlich waren, welche mit Brenztraubensäure dargestellt werden konnten. Die Kristalle lösten sich kaum in Äther und noch weniger in Schwefelkohlenstoff. In Chloroform löste sich etwas mehr; doch waren sie auch darin schwerlöslich. In Weingeist lösten sie sich in

¹⁾ K. A. H. Mörner, Zeitschrift für anal. Chemie, Bd. 37, 1895, S. 1-21.

der Kälte nicht besonders leicht; bei gelindem Erwärmen dagegen sehr leicht. In kaltem Wasser lösten sie sich nicht; kochendes Wasser nahm sie auf, obgleich nur in geringer Menge. In Sodalösung wurden sie leicht gelöst. In konzentrierter Schwefelsäure lösten sie sich mit gelber Farbe auf, die in eine rote Farbe überging. Die Lösung in konzentrierter Schwefelsäure nahm mit Kaliumdichromat eine schöne Purpurfarbe und dann eine blauviolette Farbe an. Der Schmelzpunkt war 178—180°.

0,0668 g der Substanz gaben bei der Verbrennung im Vacuum 76,36 ccm CO₂ und 8,55 ccm Stickstoff (bei 0° und 760 mm), was 41,19 mg oder 61,65% C und 10,75 mg oder 16,09% N entspricht.

Berechnet	Gefunden	
	Präparat A (Mittel)	Präparat B
für C ₉ H ₁₀ N ₂ O ₂		
C 60,62%	61,37%	61,65%
H 5,67%	—	—
N 15,75%	15,86%	16,09%

Da diese Präparate hinsichtlich des Schmelzpunktes und der übrigen Eigenschaften mit dem Hydrazon der Brenztraubensäure übereinstimmten, und die Analysen ziemlich gute Übereinstimmung mit dessen Zusammensetzung aufwiesen, kann man wohl nicht daran zweifeln, daß dieses Hydrazon vorlag und zwar so rein, wie man nach den erhaltenen Substanzmengen erwarten kann.

Das Präparat C schmolz bei 174—175°. Es schien weniger rein zu sein. Um eine hinreichende Menge Substanz zu erhalten, wurde es mit dem damit übereinstimmenden Präparat D vereinigt.

Die salzsäurehaltige Lösung der Hornsubstanz, aus welcher die oben erwähnten Präparate dargestellt worden waren, wurde noch einmal 5 Tage auf dem Wasserbade erhitzt usw. Auch jetzt wurde ein Hydrazon erhalten, von dem ich als sicher annehmen kann, daß es von einer Substanz gebildet wurde, die bei diesem Erhitzen gebildet worden war, da ich nach meiner Erfahrung über den Übergang der Brenztraubensäure in Äther sagen kann, daß die vor dem Erhitzen vorhandene Säure entfernt worden war. Die Menge des Hydrazons war aber gering, nämlich nur 0,21 g. Da es mit dem oben erwähnten Präparat C übereinstimmte, wurde es mit diesem

vereinigt und durch Umkristallisieren aus Sodalösung gereinigt. Es wurden lange feine Nadeln erhalten, welche beinahe weiß waren. Mit konzentrierter Schwefelsäure und Dichromat gaben sie die purpurne bis blauviolette Farbe. Der Schmelzpunkt war $172-173^{\circ}$, also etwas niedriger als für Brenztraubensäurephenylhydrazon. Die Menge war allzu gering, um weitere Reinigung zu ermöglichen. Die Verbrennung im Sauerstoffstrom gab für den Kohlenstoff und den Wasserstoff Zahlen, welche mit denen für Brenztraubensäurephenylhydrazon übereinstimmten:

0,2300 g gaben 0,5174 g CO_2 und 0,1171 g H_2O , was $61,35\%$ C und $5,71\%$ H entspricht.

Berechnet für Brenztraubensäurephenylhydrazon
 $60,62\%$ C und $5,67\%$ H.

Die salzsäurehaltige Lösung der Hornsubstanz wurde noch einmal 4 Tage auf dem Wasserbade erhitzt. Auch diesmal wurden Hydrazonkristalle erhalten, deren Menge nach Reinigung mit Tierkohle und zweimaligem Umkristallisieren aus Sodalösung 0,62 g betrug. Die Kristalle sahen anders aus, als die Kristalle des isolierten Brenztraubensäurephenylhydrazons. Sie bildeten ziemlich kurze, oft verzweigte und gekrümmte prismatische Bildungen, deren Flächen quergestreift waren, als ob sie aus Tafeln oder dergleichen Kristallen zusammengesetzt wären. (Vergleiche die mehr leichtlöslichen Kristalle, aus welchen die Präparate B und C dargestellt wurden.) Obgleich ich sie nicht als einheitlich betrachtete, versuchte ich es nicht, durch weiteres Umkristallisieren eine Trennung zu bewirken. Auf Grund meiner oben beschriebenen Untersuchungen konnte ich schließen, daß sie das Hydrazon der Brenztraubensäure und daneben ein (? zwei) anderes, leichter lösliches Hydrazon von niedrigerem Schmelzpunkt enthielten. In den früheren Versuchen war es mir nicht gelungen, des leichter löslichen Teiles habhaft zu werden. Ich wollte jetzt sehen, ob die Untersuchung des vorliegenden Präparates darüber etwas aussagen konnte.

Der Schmelzpunkt, $166-167^{\circ}$, war entschieden niedriger als der des Brenztraubensäurephenylhydrazons. Die Zusammensetzung wich aber nicht besonders von der ab, welche diesem Hydrazon zukommt:

Bei dem Verbrennen im Sauerstoffstrome gaben 0,2487 g Substanz 0,5548 g CO₂ und 0,1336 g H₂O, was 60,84% C und 6,02% H entspricht.

Bei der Verbrennung im Vacuum gaben 0,0731 g Substanz 82,94 ccm CO₂ und 9,00 ccm Stickstoff, was 61,20% C und 15,84% N entspricht.

Berechnet für Brenztraubensäurephenylhydrazon

60,62% C, 15,75% N und 5,67% H.

Die Untersuchung deutet also darauf hin, daß die Substanz, welche neben dem Hydrazon der Brenztraubensäure im Präparate vorkam, beinahe dieselbe Zusammensetzung wie dieses hatte, aber leichter löslich war und einen niedrigeren Schmelzpunkt hatte.

Zur Untersuchung der Substanz der Menschenhaare wurden 200 g durch Äther entfettete Haare mit 4 Teilen Salzsäure (25%) und 2 Teilen Wasser auf dem Wasserbade zuerst 4 Tage erhitzt. Entwicklung von Schwefelwasserstoff fand nicht statt. Nach dem Ausschütteln mit Äther gab der Rückstand der Ätherlösung die oben beschriebene Jodoformreaktion ziemlich stark. Mit Phenylhydrazin in salzsäurehaltiger Lösung wurden Kristalle in geringer Menge erhalten. Nach dem Reinigen und Umkristallisieren waren die Kristalle mit den aus der Hornsubstanz zuletzt erhaltenen und beschriebenen übereinstimmend. Sie schmolzen bei 156°. Mit Schwefelsäure und Dichromat gaben sie eine schöne purpurne und dann eine blauviolette Farbe. Die Menge der Kristalle war zu gering, um eine weitere Reinigung und Untersuchung zuzulassen.

Die salzsäurehaltige Lösung der Haare wurde auf dem Wasserbade weitere 4 Tage erhitzt. Aus der Lösung nahm Äther eine Substanz auf, welche die Jodoformprobe gab und mit salzsaurem Phenylhydrazin Kristalle ausschied. Die noch nicht gereinigten Kristalle hatten dasselbe Aussehen wie die eben erwähnten. Sie schmolzen bei 164—166°. Nach Reinigung und Umkristallisierung aus Sodalösung bildeten sich Nadeln, welche in ihrem Aussehen mit den aus Sodalösung erhaltenen Kristallen des Brenztraubensäurephenylhydrazons übereinstimmten. Die Menge der Kristalle war gering, nicht ganz ein Dezigramm. Mit konzentrierter Schwefelsäure und Dichromat gaben sie eine purpurne und nachher eine blauviolette Farbe. Der Schmelzpunkt war 178—179°.

Bei der Verbrennung im Vacuum gaben 0.0665 g Substanz 75,30 ccm CO_2 und 8,23 ccm Stickstoff (bei 0° und 760 mm), was 61,08% C und 15,56% N entspricht.

Berechnet für das Hydrazon der Brenztraubensäure
60.62% C und 15.75% N.

Auch unter den Zersetzungsprodukten dieser Substanz wurde also die Brenztraubensäure nachgewiesen: die Menge derselben, welche aus den Menschenhaaren gebildet wird, scheint aber nur gering zu sein.

Von käuflichem, eingetrocknetem Blutserum wurden 300 g (etwa 200 g Eiweiß enthaltend) mit 3 Teilen Salzsäure (25%) und anderthalb Teilen Wasser auf dem Wasserbade erhitzt. Bei der Prüfung des Rückstandes der Ätherlösung fiel zwar die Jodoformprobe ziemlich stark positiv aus. Es gelang aber nicht, ein kristallisiertes Hydrazon zu gewinnen.

Die salzsäurehaltige Eiweißlösung wurde noch 4 Tage auf dem Wasserbade erhitzt. Äther nahm aus der Lösung eine Substanz auf, welche die Jodoformprobe gab und in saurer Wasserlösung mit salzsaurem Phenylhydrazin ein kristallisiertes Hydrazon abschied. Nach dem Reinigen und Umkristallisieren schmolzen die Kristalle bei 150° . Nachdem sie noch einmal umkristallisiert worden waren, schmolzen sie bei 151° . Zu einer weiteren Untersuchung war die Menge nicht hinreichend. Die Kristalle schienen mit den folgenden, aus Casein dargestellten übereinzustimmen.

Ferner wurde ein Caseinpräparat untersucht, nämlich das von der schwedischen Aktiengesellschaft «Separator» in den Markt gebrachte sog. Proton. 500 g desselben wurden mit 3 Teilen Salzsäure (25%) und 2 Teilen Wasser 5 Tage auf dem Wasserbade erhitzt. Mit Äther konnte eine jodoformbildende Substanz ausgezogen werden, welche mit salzsaurem Phenylhydrazin Kristalle gab. Die Menge war aber zu klein, um eine nähere Untersuchung zu ermöglichen.

Die salzsäurehaltige Lösung des Caseinpräparates wurde noch weitere 4 Tage auf dem Wasserbade erhitzt. Jetzt wurde eine etwas größere Menge der Substanz gebildet. Von dem gereinigten und umkristallisierten Hydrazon wurden 0,13 g er-

halten. Das Aussehen der Kristalle wich von dem des Brenztraubensäurephenylhydrazons ab. Sie bestanden aus zylindrischen und ähnlichen Bildungen, welche so aussahen, als ob sie aus plattenförmigen oder dergleichen Kristallen zusammengesetzt wären, wie ich oben beschrieben habe. Das Aussehen blieb dasselbe, wenn sie noch einmal umkristallisiert wurden. Der Schmelzpunkt war 151° , also beträchtlich niedriger, als für das reine Brenztraubensäurephenylhydrazon. Weiteres Umkristallisieren war nicht möglich. Gegen konzentrierte Schwefelsäure und Dichromat verhielten sie sich wie dieses.

Bei der Verbrennung im Vacuum gaben 0,0630 g Substanz 72,24 ccm CO_2 und 7,69 ccm Stickstoff (bei 0° und 760 mm), was 61,75% C und 15,35% N entspricht.

Wie oben mitgeteilt wurde, konnte ich aus einigen ähnlichen Präparaten durch mehrmaliges Umkristallisieren (was hier nicht in Anwendung kommen konnte) Brenztraubensäurephenylhydrazon isolieren. Man ist also berechtigt, anzunehmen, daß auch in diesem Präparat das Hydrazon der Brenztraubensäure enthalten war, daß aber das Präparat auch ein anderes Hydrazon enthielt, welches einen niedrigeren Schmelzpunkt hatte und leichter löslich war. Es ist denkbar, daß dies ein Hydrazon der mit Brenztraubensäure homologen Propionylameisensäure war, dessen Schmelzpunkt nach den Angaben in Beilsteins Handbuch bei $144\text{--}145^{\circ}$ oder bei 152° liegt und welches leichter löslich als wie das Brenztraubensäurephenylhydrazon zu sein scheint. Der Gedanke an die Gegenwart von Lävulinsäurephenylhydrazon darf vielleicht nicht ausgeschlossen werden, besonders in diesem Falle, wo es wohl möglich war, daß das «Proton» etwas Milchzucker enthielt; dieses Hydrazon schmilzt bei 108° und ist viel leichter löslich (weniger kristallisierbar) als wie das Brenztraubensäurephenylhydrazon.

In dem Präparat gefunden	Für Brenztraubensäurephenylhydrazon berechnet	Für Propionylameisensäurephenylhydrazon berechnet	Für Lävulinsäurephenylhydrazon berechnet
C 61,75%	60,62%	62,44%	64,00%
H —	5,67%	6,30%	6,86%
N 15,35%	15,75%	14,61%	13,62%

Die Zusammensetzung des Präparates liegt zwischen der des Brenztraubensäurephenylhydrazons und der des Propionylameisensäurephenylhydrazons. Sie ist also mit der Annahme vereinbar, daß ein Gemisch von diesen beiden Hydrazonen vorlag. Auf die Gegenwart von Lävulinsäure kann man nicht aus den Analysen schließen; der Schmelzpunkt und die relative Schwerlöslichkeit des Präparates scheinen mir auch gegen diese Annahme zu sprechen.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen geht hervor, daß Brenztraubensäure unter den Zersetzungsprodukten verschiedener Proteinstoffe auftreten kann. In einigen Fällen konnte das Hydrazon derselben in solcher Reinheit isoliert werden, daß die Identität desselben nicht zu bezweifeln war. In anderen Fällen konnte man zwar auf die Gegenwart der Brenztraubensäure schließen; die Präparate enthielten aber außer deren Hydrazon auch noch ein anderes Hydrazon, das ich mit einiger Wahrscheinlichkeit als Hydrazon der mit der Brenztraubensäure homologen Propionylameisensäure bezeichnen kann.

Die Brenztraubensäure scheint kein primäres Spaltungsprodukt zu sein. Bei dem Erhitzen mit Säure trat sie erst spät auf und bei mehrmals erneutem Erhitzen wurden in dem Versuche mit Hornsubstanz immer neue Mengen Brenztraubensäure gebildet, was für die Annahme einer sekundären Bildung der Säure aus anderen Substanzen zu sprechen scheint.

Über die nähere Muttersubstanz der Brenztraubensäure will ich nur so viel sagen, daß ich eine Beziehung der Säure zu dem Cystin nicht deutlich gesehen habe. Die cystinreiche Substanz der Menschenhaare gab mir weniger Brenztraubensäure als wie die cystinärmere Substanz des Rinderhorns. Ferner spricht das positive Ergebnis bei der Untersuchung des sehr cystinarmen Caseins gegen die Annahme einer solchen Beziehung. Versuche, die ich in verschiedener Weise mit Cystin (aus Hornsubstanz und aus Menschenhaaren) ausgeführt habe, um daraus Brenztraubensäure darzustellen, haben mir hauptsächlich ein negatives Resultat gegeben. In einer Untersuchungsreihe, welche ich bald zu veröffentlichen hoffe, worin die Darstellung von α -Thiomilchsäure aus Cystin (aus Haaren und

Hornstoff) gelang, prüfte ich auch auf Brenztraubensäure: nur einmal erhielt ich eine geringe Menge Hydrazonekristalle, die bei $177-178^{\circ}$ schmolzen. Dieses einzige positive Resultat scheint mir nicht die Annahme zu berechtigen, daß das Cystin der untersuchten Proteinsubstanzen die Muttersubstanz der Brenztraubensäure wäre. Da das Angeführte gegen diese Annahme spricht, kann man kaum behaupten, daß das Cystin die einzige Muttersubstanz der Brenztraubensäure sei.