

Par contre, elles sont sélectives des cations au maximum d'oxydation et peuvent, en cela, servir à distinguer ces ions de leurs inférieurs.

Le pyrocatechol est un réactif de l'arsenic(V) permettant une identification sûre en présence d'arsenic(III) (sensibilité 25  $\gamma$  dans 5 cm<sup>3</sup>).

L'acide pyrogallol o-carboxylique, en milieu chlorhydrique concentré (sans acide sulfurique) et à chaud, est un réactif de l'antimoine(V); l'antimoine(III), l'arsenic, l'étain, le platine, le sélénium, le tellure et le cérium ne réagissent pas.

L'hydroquinone est oxydée par l'antimoine(V) et le cérium(IV) en quinhydrone qui cristallise très rapidement.

Dans de nombreux cas, nous avons noté une action particulière de l'acide chlorhydrique, lorsqu'il est en forte proportion. Cela provient des acidocomplexes qui se forment, surtout dans le cas de l'antimoine où l'on obtient facilement l'acide [SbCl<sub>4</sub>]H de couleur jaune d'or.

Genève, Laboratoire de Chimie analytique  
et de Microchimie de l'Université.

---

## 192. Die Bildung von Furan-2,5-dicarbonensäure aus *d*-Glucuron und *d*-Galakturonsäure beim Menschen.

### Ein neuer Abbauweg für Kohlenhydrate

von B. Flaschenträger, B. Cagianut und F. Meier.

(13. X. 45.)

Unsere Kenntnisse auf dem Gebiete des oxydativen Kohlenhydratabbaues sind auch heute noch sehr lückenhaft. Das mag wohl zum Teil seinen Grund darin haben, dass zunächst die Erforschung des anaeroben Zuckerabbaues in den Arbeiten von *Neuberg*, *Meyerhof*, *Embden* und *Lohmann* im Vordergrund des Interesses stand. Aber der Organismus kann sicherlich für den Umsatz der Kohlenhydrate noch andere Abbauewege einschlagen, für welche Phosphorylierungsprozesse und Zerfall der Zuckermolekel in Dreierbruchstücke nicht benötigt werden. Es sei in diesem Zusammenhang nur an den Zuckerstoffwechsel der Schimmelpilze und der Essigsäure-Bakterien erinnert, durch den in der Hauptsache Oxydationsprodukte mit C-Sechserkette gebildet werden wie Gluconsäure, 5- oder 2-Ketogluconsäure, Kojisäure, 5-Oxymethyl-brenzschleimsäure u. a.<sup>1)</sup> Bei

<sup>1)</sup> *Bernhauer, K.*, *Ergebn. Enzymf.* **7**, 246 (1938).

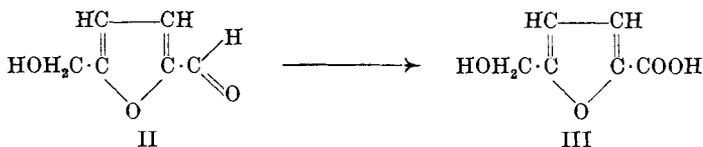
höheren Organismen kennen wir entsprechend nur die Glucuronsäure, die wir als normalen Harnbestandteil auch beim Menschen finden. Doch ist auch für sie in letzter Zeit ein Aufbau aus Triosen wahrscheinlich gemacht worden<sup>1)</sup>.

Neue Einblicke in das Gebiet des oxydativen Kohlenhydratstoffwechsels versprach 1937 die Entdeckung der Furan-2,5-dicarbon-säure als normaler Harnbestandteil durch *B. Flaschenträger* und *K. Bernhard*<sup>2)</sup>. Kohlenhydrat- und kokosfettreiche Nahrung erhöhten die Ausscheidung dieser Dicarbon-säure nicht. Bemerkenswert ist, dass sie weder aus Hunde-, Rinder- oder Pferdeharn isoliert werden konnte<sup>3)</sup>. Abgesehen von ihrer Bildung bei der Harnaufarbeitung konnte sie exogenen oder endogenen Ursprungs sein. Sie kam als solche oder in einer Vorstufe in der Nahrung vor. Möglicherweise war sie ein Abbau- oder Umwandlungsprodukt des intermediären Stoffwechsels. Formal kann Furandicarbon-säure aus der Zucker- wie aus der Fett- oder Eiweissreihe hergeleitet werden.

Biochemisch naheliegend scheint ihre Entstehung aus Keto-hexosen. Diese sind für den Organismus nicht körperfremd. Wir begegnen ihnen beim anaeroben Zuckerabbau, bei der oxydativen Desaminierung der Aminozucker, ferner beim oxydativen Abbau der Zuckerkette durch Essigsäure-Bakterien und Schimmelpilze. Die Umwandlung der Keto-hexosen I unter katalytischer Einwirkung schwacher Säuren in 5-Oxymethyl-furfurol II ist schon seit langem bekannt. Die Arbeiten *Sumiki's*<sup>4)</sup> und *Raistrick's*<sup>5)</sup> haben das auch für die niederen Organismen nachgewiesen.



Die Oxydation des 5-Oxymethyl-furfurols zur 5-Oxymethyl-brenzschleimsäure III geht im Tierkörper, wie japanische Autoren<sup>6)</sup> zeigen konnten, ohne Schwierigkeiten vor sich.



<sup>1)</sup> *Bueding, E. und W. Lipschitz, J. Biol. Chem. 129, 333 (1939).*

<sup>2)</sup> *Flaschenträger, B. und K. Bernhard, Z. physiol. Ch. 246, 124 (1937).*

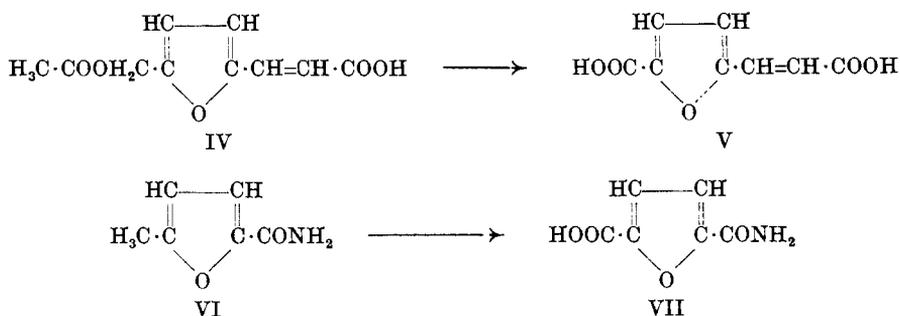
<sup>3)</sup> *Flaschenträger, B. und K. Bernhard, Unveröffentlichte Versuche.*

<sup>4)</sup> *Sumiki, Y., Bull. agr. chem. Soc. Japan 5, 10 u. 7, 62 (1929/31).*

<sup>5)</sup> *Raistrick, H., Ergebn. Enzymf. 7, 316 (1938).*

<sup>6)</sup> *Karashima, I., Z. physiol. Ch. 169, 278 (1927).*

Erneute Oxydation würde Furandicarbonsäure liefern. Dieser Übergang konnte bis jetzt für den Tierorganismus nicht nachgewiesen werden. In diese Richtung weisen einzig Beobachtungen von *I. Karashima*<sup>1)</sup> und von *R. Kuhn* und *F. und L. Köhler*<sup>2)</sup>. Ersterer konnte zeigen, dass die in 5-Stellung acetylierte Oxymethylgruppe am Furanring IV, der in 2-Stellung einen Acrylsäurerest trägt, im Tierversuch zur Carboxylgruppe V oxydiert wird. Letztere erhielten nach Verfütterung von 5-Methyl-brenzschleimsäure-amid VI an Kaninchen aus dem Harn der Versuchstiere Furandicarbonsäure-amid VII. Weitere biochemische Bildungsmöglichkeiten sind in einer früheren Arbeit aufgeführt<sup>3)</sup>.



Überblickt man die biochemische Literatur der Furanderivate, so muss man feststellen, dass von den substituierten Gruppen am Furanring die Aldehydgruppe im Organismus leicht, die Methyl- und Alkoholgruppe sehr viel schwerer oxydiert wird. Dies gelingt anscheinend nur bei veresteter oder amidierter Carboxylgruppe oder bei verlängerter Seitenkette. Möglicherweise spielen dabei die veränderten Permeabilitätsverhältnisse und Löslichkeiten eine entscheidende Rolle.

Diese Tatsachen und die geringe Wahrscheinlichkeit einer exogenen Entstehung<sup>3)</sup> veranlassten uns, bekannte und körpervertraute Vorstufen aus der Zuckerreihe im Stoffwechselversuch am Menschen auf ihre Fähigkeit zur Bildung von Furandicarbonsäure zu prüfen. Wir wählten dazu die Uronsäuren, die die besten Vorbedingungen zum Übergang in Furandicarbonsäure aufweisen.

Unter Berücksichtigung der Beständigkeit von Furandicarbonsäure gegen konz. Schwefelsäure und der Tatsache, dass sie durch Äther einer wässrigen Lösung entzogen wird, war schon von *B. Flaschenträger* und *K. Bernhard*<sup>4)</sup> eine Isolierungsmethode aus-

<sup>1)</sup> *Karashima, I.*, Z. physiol. Ch. **184**, 265 (1929).

<sup>2)</sup> *Kuhn, R.* und *F. und L. Köhler*, Z. physiol. Ch. **247**, 197 (1938).

<sup>3)</sup> *Cagianut, B.*, Diss. med., Zürich 1945.

<sup>4)</sup> *Flaschenträger, B.* und *K. Bernhard*, Z. physiol. Ch. **246**, 124 (1937).

gearbeitet worden, die wir während unserer Versuchsreihe verbesserten.

Wir prüften im Stoffwechselversuch am Menschen *d*-Glucuron und *d*-Galakturonsäure, die uns von der Firma *E. Hoffmann-La Roche & Co.* in Basel freundlichst zur Verfügung gestellt wurden.

Nach Einnahme von 5 g Glucuron wurde der Harn, der keine Reduktion aufwies, während 3 Tagen gesammelt und kongosauer im Vakuum eingengt. Die Aufarbeitung des Harnkonzentrates ergab für 3 Tage 0,064 g reine Furandicarbonsäure oder 5mal mehr als der Nullwert des gleichen Zeitraumes. Den Stoffwechselversuch mit 5 g Galakturonsäure führten wir gleich durch. Aus dem Harn von 3 Tagen konnten wir 0,180 g reine Furandicarbonsäure isolieren oder 15mal mehr als der Normalwert.

Frühere Versuche<sup>1)</sup> hatten gezeigt, dass von oral zugeführter Furan-2,5-dicarbonsäure beim Menschen im Gegensatz zum Hund nur 5—6% mit dem Harn wieder ausgeschieden werden. Übertragen wir diese Beobachtungen auf unsere Versuchsergebnisse, so beträgt die Tagesausscheidung für den Glucuronversuch 21,3 mg/Tag, oder es wären 20% des zugeführten Glucurons in Furandicarbonsäure umgewandelt worden. Für den Galakturonsäureversuch liegen die Verhältnisse noch eindeutiger. Die Tagesausscheidung beträgt hier 60 mg/Tag, oder es wurden 68% der Galakturonsäure in Furandicarbonsäure umgewandelt.

Da eine Bildung der Dicarbonsäure durch die Methode der Harnaufbereitung auch in Gegenwart der erwähnten Vorstufen mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte<sup>2)</sup>, musste zunächst entschieden werden, ob nicht bakterielle Einwirkungen im Verlaufe des Darmtraktes für ihre Bildung eventuell verantwortlich wären. Es war ferner der Einfluss der Nahrung auf ihre Entstehung hin zu untersuchen.

Zur Abklärung dieser Frage unternahmen wir es, *d*-Glucuron und *d*-Galakturonsäure auf ihre Vergärbarkeit durch die Darmflora des Menschen zu überprüfen.

Wir wählten dazu das Bakterium *coli commune* als chemisch aktivsten Vertreter der Darmflora. Für unsere Versuche brauchten wir eine anorganische Nährlösung, der jeweils die zu prüfenden Zucker in 0,5-proz. Lösung zugegeben wurden. Die Versuchsanordnung liess aerobe und anaerobe Gärung zu und die Versuchsdauer betrug 7—8 Tage. Wir überzeugten uns vorerst durch Testversuche<sup>3)</sup>, dass Furandicarbonsäure aus der Nährlösung ohne bakterielle Einwirkung nicht entstehen kann, dass eventuell gebildete Mikroorganismen nicht als Energiequelle dient und dass sie sich quantitativ wieder isolieren lässt. Zur Aufarbeitung der Gäransätze extrahierten wir die Kulturen bei kongosaurer Reaktion mit Äther. Die Ätherextrakte unterwarfen wir der fraktionierten Sublimation im Hochvakuum. Die Resultate waren eindeutig. Weder *d*-Glucuron noch *d*-Galakturonsäure ergaben beim bakteriellen Abbau Furandicarbonsäure.

Um den Einfluss der Nahrung zu analysieren, prüften wir im Stoffwechselversuch gereinigtes Natriumpektat<sup>4)</sup>.

50 g davon wurden innerhalb von 2 Tagen bei gewöhnlicher Kost und normalen Lebensbedingungen eingenommen und der Harn von 6 Tagen gesammelt, um eine ver-

<sup>1)</sup> *Flaschenträger, B. und K. Bernhard*, unveröffentlichte Versuche.

<sup>2)</sup> *Meier, F.*, Diss. chem., E.T.H. Zürich 1945.

<sup>3)</sup> *Cagianut, B.*, Diss. med., Zürich 1945.

<sup>4)</sup> Herrn Prof. *Pallmann*, E.T.H. danken wir für die Überlassung von Natriumpektat.

zögerte Ausscheidung ebenfalls fassen zu können. Die Harnaufarbeitung ergab eine durchschnittliche Tagesausscheidung von 9 mg. Berücksichtigt man die methodische Fehlerbreite und die Nullwerte des gleichen Zeitraumes, so kommt man zum Schluss, dass das mit der Nahrung zugeführte Pektin bei der Bildung der Furandicarbonsäure keine Rolle spielt.

In diesem Zusammenhang erweiterten wir den Kreis unserer Untersuchungen durch Prüfung verschiedener anderer Zucker und Zuckerderivate wie Glucose, Fructose, Galaktose, Rohrzucker, Milchezucker und Rhamnose. Sie alle beeinflussten die Ausscheidung an Furandicarbonsäure nicht. Nach diesen Feststellungen müssen wir als Vorstufen der Furandicarbonsäure im Organismus *d*-Glucuronsäure — denn nur über Glucuronsäure kann aus Glucuron die Dicarbonsäure entstehen — und *d*-Galakturonsäure annehmen. Eine Bildung durch bakterielle Vergärungsprozesse und durch direkte Umwandlung von in der Nahrung enthaltenen Vorstufen lässt sich nach unseren Versuchen weitgehend ausschliessen. Für eine induzierte Mehrausscheidung durch Beeinflussung eines im normalen Umsatz vorkommenden Gleichgewichtes von Abbauprodukten liegen keine Anhaltspunkte vor. Es sind bis jetzt keine Stoffwechselprodukte bekannt geworden, die infolge ihrer Konfiguration mit den Uronsäuren in Konkurrenz treten könnten. Vergleichen wir Glucuron- und Galakturonsäure im menschlichen Organismus bezüglich Vorkommen und biologischer Wertigkeit, so müssen wir uns eingestehen, dass dem Galaktoseabkömmling niemals die gleiche Bedeutung zukommt. Der Einfluss, den die Galakturonsäure infolge der Ernährung auf die Ausscheidung an Furandicarbonsäure ausübt, darf nach dem Stoffwechselversuch mit Natriumpektat zum mindesten als problematisch angesehen werden. Wir möchten den grösseren Einfluss der Galakturonsäure auf die Ausscheidung an Furandicarbonsäure als die Folge der schlechteren Verwertbarkeit des Galaktosederivates durch den menschlichen Organismus deuten. Diese Beobachtung spricht auch gegen eine Synthese von Furandicarbonsäure aus Dreierbruchstücken und für eine direkte Oxydation der Zuckerkette.

Furandicarbonsäure entsteht durch Ringschluss und  $\omega$ -Oxydation von Aldehydzuckercarbonsäuren. Damit ist aber ein neuer Abbauweg der Kohlenhydrate aufgedeckt. Phosphorylierungsprozesse und Zerfall der Zuckermolekel in  $C_3$ -Bruchstücke spielen bei diesem Kohlenhydratabbau wohl keine Rolle. Wir können heute noch nicht überblicken, inwieweit sich dieser Abbauweg auch auf andere Zucker und Zuckerderivate übertragen lässt. Da aber nur 5—6% der gebildeten Dicarbonsäure zur Ausscheidung gelangen, darf vermutet werden, dass der Furandicarbonsäure-Bildung doch eine grössere Bedeutung zukommt, denn über das Schicksal des Hauptanteiles wissen wir nichts. Er verbrennt entweder vollständig und dient damit dem Energiehaushalt des Organismus, oder, was nach den

Erfahrungen japanischer Autoren, die die Schwerverbrennbarkeit des Furanringes im Tierkörper betonen, näher liegt, er wird zum Aufbau neuer, körpereigener Verbindungen herangezogen. Pharmakologisch ist die Dicarbonsäure unwirksam. Auf das Wachstum verschiedener Bakterienkulturen übt sie keinen Einfluss aus<sup>1)</sup>.

### Experimenteller Teil.

#### Furan-2,5-dicarbonsäure-Bestimmungsmethode im Harn.

Der Harn von 3—6 Tagen wird mit 20-proz. HCl kongosauer gemacht, bei 50° Badtemperatur an der Wasserstrahlpumpe auf ca. 1/10 eingengt und darauf während 30 Stdn. am Rührextraktor mit Äther extrahiert. Nach Abdestillieren des Äthers wird der Rückstand in absolutem Äthanol gelöst, so dass Fraktionen von ca. 2 g entstehen (entsprechend 1,5—2 Tagesmengen Harn). Jede Fraktion wird nach Zusatz von 10 cm<sup>3</sup> 50-proz. Schwefelsäure während 1½—2 Stdn. unter gleichzeitigem Durchleiten von überhitztem Wasserdampf auf 130—135° erhitzt. Die zurückgebliebene wässrige Lösung wird während 1½ Stdn. am Rührextraktor mit Äther extrahiert. (Temp. des Wasserbades 70—80°, Tourenzahl 200—300/Min., Menge des durchlaufenden Äthers 10—15 cm<sup>3</sup>/Min.). Nach Eindampfen der ätherischen Lösung werden die Zersetzung mit 50-proz. Schwefelsäure unter gleichzeitigem Durchleiten von Wasserdampf und die Extraktion des Rückstandes mit Äther auf gleiche Art, wie sie eben beschrieben wurde, wiederholt. Dann wird der Ätherextrakt eingedampft, der Rückstand wird in 5—10 cm<sup>3</sup> Wasser gelöst und nach Zugabe von 2 Tropfen verdünnter HCl und 1-n. BaCl<sub>2</sub>-Lösung im Überschuss (bis keine neue Fällung mehr eintritt) wird aufs neue während 1½ Stdn. am Rührextraktor mit Äther extrahiert. Nach Abdampfen des Äthers wird der Rückstand in 5 cm<sup>3</sup> kalt gesättigter NaHCO<sub>3</sub>-Lösung gelöst, abfiltriert mittels Heberwirkung durch eine Glasfilternutsche und schliesslich nachgespült mit 3—5 cm<sup>3</sup> NaHCO<sub>3</sub>-Lösung. Das Filtrat wird mit 2-n. HCl kongosauer gemacht, mit 50 mg Tierkohle einige Male aufgekocht und auf gleiche Art wie oben beschrieben durch Heberwirkung in einen 50 cm<sup>3</sup> Extraktionskolben filtriert. Hierauf wird wiederum während 1½ Stdn. am Rührextraktor mit Äther extrahiert. Der meistens nur wenig gelb gefärbte Extrakt wird eingedampft, der immer noch etwas ölige, schwach braun gefärbte Rückstand wird in möglichst wenig (2 cm<sup>3</sup>) 50-proz. heisser Essigsäure gelöst, mittels Heber abfiltriert und zweimal mit ca. 1 cm<sup>3</sup> Essigsäure nachgespült. Das Filtrat wird nochmals zum Sieden erhitzt und sofort unter Umrühren mit einem Glasstab in Eiswasser abgeschreckt. Nach mehrstündigem Stehen im Eisschrank wird die feinkristalline Substanz über einem Glasnagel abfiltriert. Die Mutterlauge wird zur Trockne eingedampft, der Rückstand in möglichst wenig (½—1 cm<sup>3</sup>) 50-proz. Essigsäure gelöst und durch Abschrecken die restliche Furan-dicarbonsäure ausgefällt, filtriert und mit der Hauptmenge vereinigt. Nach 2 Stdn. Trocknen in der Trockenpistole bei 100° über P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> wird gewogen.

N.B. Zu Beginn unserer Versuchsreihe erwärmten wir den Ätherextrakt des Harnkonzentrates am Rückflusskühler mit Benzol, bevor wir ihn der Zersetzung durch Schwefelsäure unterwarfen. Wir hofften, auf diese Weise den Hauptteil der störenden Begleitstoffe zu entfernen. Da uns dies nur teilweise gelang, wurde in der Folge diese Behandlungsart unterlassen.

#### Stoffwechselversuche:

Versuchsperson: B.C. 26 J., gesund, 65 kg.

Versuchsbedingungen: gewohnte Lebensweise bei üblicher Kost.

<sup>1)</sup> Flaschenträger, B. und K. Bernhard, Z. physiol. Ch. 246, 124 (1937).

Verbindung	Applikation		Versuchsdauer in Tagen	Harnmenge in cm <sup>3</sup>	Furandicarbonsäure	
	Menge in g	mg/kg u. Tag			insgesamt	mg/Tag
Normalwert I	0	0	5	8910	23	4,6
Rohrzucker	10 g per os	230	3	4145	7,2	2,4
Milchzucker	5 g subcutan	230	3	3230	6,1	2
	10 g per os					
Rhamnose	5 g subcutan	150	3	5850	4,1	1,4
	10 g per os					
<i>d</i> -Glucuron	5 g per os	80	3	3910	64	21,3
	5 g per os					
<i>d</i> -Galakturonsäure	5 g per os	80	3	3940	180	60
	5 g per os					
Natriumpektat	50 g per os	400	6	10010	56,4	9,4
	50 g per os					
Normalwert II	0	0	3	4945	25,5	8,5

Die Reinheit der isolierten Furan-2,5-dicarbonsäure wurde jeweils durch Analyse und Äquivalentgewichtsbestimmung überprüft, z. B.

Versuch mit *d*-Glucuron: Ber. C 46,14 H 2,58% Äquiv. 78,01  
 Gef. „ 46,29 „ 2,81% „ 77,0

Versuch mit *d*-Galakturonsäure: Ber. C 46,14 H 2,58% Äquiv. 78,01  
 Gef. „ 46,01 „ 2,78% „ 77,7

#### Vergärung von *d*-Glucuron durch *B. coli*.

Ansatz: Aus menschlichen Faeces gezüchteter Colistamm, 15 Stdn. alt.

Nährlösung: NH<sub>4</sub>Cl 5,0 g, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5,0 g, MgSO<sub>4</sub> 0,1 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,5 g,  
 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1,5 g, dest. H<sub>2</sub>O 1000,0 g.

5 g *d*-Glucuron wurden in 100 cm<sup>3</sup> Wasser im Dampftopf sterilisiert, der anorganische Anteil im Autoklaven, und beide steril vereinigt. p<sub>H</sub> 7,2. Gärungsdauer 7 Tage bei 37°. p<sub>H</sub>-Endwert 5,0.

Die Kulturflüssigkeit wurde steril durch ein *Seitz*-Filter filtriert und mit HCl angesäuert. Die Hälfte der Lösung extrahierten wir im Rührerextraktor mit Äther. Aus dem Ätherextrakt erhielten wir 0,010 g leicht gelblich gefärbte Krystalle, die wir in wässriger Lösung mit wenig Tierkohle entfärbten und filtrierten. Das Filtrat wurde mit HCl angesäuert und 1 Std. mit Äther extrahiert. Nach Abdampfen des Äthers erhielten wir 6 mg weisse Krystalle. Smp. = 183°.

Mischschmelzpunkt mit reiner Bernsteinsäure ohne Erniedrigung.

Furandicarbonsäure konnte nicht gefunden werden.

Vergärung von *d*-Galakturonsäure durch *B. coli*.

Nährlösung wie oben. Gleicher Impfstamm. 5 g *d*-Galakturonsäure.

p<sub>H</sub> 7,4. Gärungsdauer 7 Tage. p<sub>H</sub>-Endwert 5,6.

Die Aufarbeitung erfolgte wie oben. Aus 0,100 g Ätherextrakt konnten wir 75 mg Bernsteinsäure gewinnen, Smp. 183°.

Mischschmelzpunkt mit reiner Bernsteinsäure ohne Erniedrigung.

Furandicarbonsäure war nicht nachweisbar.

Ausscheidungsverhältnis von Furan-2,5-dicarbonsäure bei Mensch und Tier.

	Verfütterte Substanz	Menge in g	Versuchsdauer in Tagen	Furandicarbons. in g	Furandicarbons. in % der zugeführten Menge
Pferd	0	0	5	0	0
Rind	0	0	4	0	0
Hund I	0	0	18	0	0
Hund II	Furandicarbons. per os	5	14	3,266	65
Hund III	Furandicarbons. subcutan	5	14	3,314	66
Hund IV	Furandicarbons. subcutan	2,5	11	1,374	55
Mensch	Furandicarbons. per os	2	8	0,122	6

### Zusammenfassung.

1. Die Ausscheidung der im normalen menschlichen Harn vorkommenden Furan-2,5-dicarbonsäure wird nach Einnahme von 5 g *d*-Glucuron und *d*-Galakturonsäure um das 5—15fache gesteigert. Da nur ein Bruchteil der gebildeten Dicarbonsäure zur Ausscheidung gelangt, muss ein grösserer Umsatz im Organismus angenommen werden. Sie lässt sich als Abbauprodukt der Zuckerreihe deuten.

2. Für den Menschen wird damit zum erstenmal die Bildung des Furanringes im Körper nachgewiesen.

3. Die Bildung der Furan-2,5-dicarbonsäure erfolgt auf einem neuen, im Zuckerstoffwechsel bis dahin unbekanntem oxydativen Abbauweg. Welche Bedeutung diesem Befunde zukommt, kann vorläufig nicht übersehen werden.

Bei den Reihenbestimmungen der Furandicarbonsäure im Harn erfreuten wir uns der umsichtigen und sorgfältigen Mitarbeit von Erl. *G. Fleckenstein* und früher von Erl. *P. Lambelet*.

Zürich, Physiol.-chem. Institut der Universität.