

Darstellung von reinem Hydroxylapatit für Adsorptionszwecke

Von Prof. Dr. E. HAYEK und Dr. W. STADLMANN
Aus dem Chemischen Institut der Universität Innsbruck

An Stelle der früher viel benutzten Knochenasche werden heute u. a. synthetische Produkte, meist sog. Tricalciumphosphat, als Adsorbentien in der Zuckerindustrie verwendet und solche Präparate haben sich z. B. auch zur Chromatographie von Aminosäuren¹⁾ und Carotinen²⁾ sowie zur Entfluorierung von Trinkwasser³⁾ bewährt. Die Erkenntnis aus Röntgenuntersuchungen, daß diese Präparate aus Hydroxylapatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}^4$ bestehen, hat nichts daran geändert, daß sie auch jetzt noch in den Arzneibüchern als „Calcium phosphoricum tribasicum“ geführt werden und als solche im Handel sind. Die Analyse ergibt wechselnde Zusammensetzungen, die auf Mischungen des Apatites mit sek. Phosphat oder auf Adsorption zurückgeführt werden können. Hier sei behandelt ob und wie ein Präparat möglichst großer aktiver Oberfläche, das analytisch und röntgenographisch dem Hydroxylapatit entspricht, hergestellt werden kann.

Es ist bekannt, daß verdünnte Lösungen aus Alkalihydroxyd und Phosphorsäure bei p_{H} etwa 9 im wesentlichen HPO_4^{2-} -Ionen enthalten, bei $p_{\text{H}} = 12$ etwa gleich viel HPO_4^{2-} - und PO_4^{3-} , während ab $p_{\text{H}} = 14$ im wesentlichen nur PO_4^{3-} vorliegt. Daher wird man die Fällung eines reinen „Triphosphates“, oder gar basischeren Salzes, weil auch schon CaHPO_4 schwer löslich ist, erst bei hohen p_{H} -Werten erwarten können. Denn obwohl Hydroxylapatit wesentlich schwerer löslich ist als dieses, so wird doch bei Anwesenheit eines Überschusses von HPO_4^{2-} gegenüber PO_4^{3-} -Ionen der entstehende Apatit-Niederschlag die ersten adsorbieren. Entsprechend der außerordentlichen Feinteiligkeit solcher Fällungen wird die analytische Zusammensetzung stark beeinflußt werden und evtl. Triphosphat vorgetäuscht, wenn durch die Folgereaktion $3 \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} + \text{HPO}_4^{2-} \rightarrow 5 \text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 + 2 \text{OH}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$ der Umsatz vollständig wird. Die Möglichkeit solcher Adsorption und Oberflächenreaktionen ergibt sich auch dann, wenn nur eine der Fällungslösungen, sei es die Calcium- oder die Phosphat-Lösung alkalisch ist, die andere aber neutral, da beim Vermischen zunächst ein mittleres p_{H} -Gebiet durchschritten werden muß, in welchem HPO_4^{2-} vorwiegt und adsorbiert wird.

Dies kann vermieden werden, indem beide Lösungen auf hohem p_{H} gehalten werden. Am besten gelingt es, ohne schwer entfernbare Ionen in das System zu bringen, durch ausreichenden Zusatz von Ammoniak. Vorteilhaft ist überdies das Vorhandensein eines Überschusses von Calcium-Ionen im Augenblick der Fällung in der Weise, daß Phosphat zur Calcium-Lösung geschüttet wird und nicht umgekehrt. Es ergibt sich folgende Darstellungsweise von etwa 100 g Hydroxylapatit in oberflächenreichster Form: 79 g $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ werden mit Ammoniak-Lösung in einem Volumen von 1600 cm³ auf $p_{\text{H}} = 12$ gebracht (zuerst verdünnen, sonst fällt $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$!), und dann unter Röhren in eine Lösung von 236 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ in 1200 cm³, mit NH_3 ebenfalls auf $p_{\text{H}} = 12$ eingestellt, eingeschüttet. Zur Verbesserung der Filterbarkeit wird etwa 10 min gekocht. Der Filterkuchen wird zur Zersetzung des Ammoniums bei 250 °C getrocknet. Glühen bis zu 800 °C verfestigt das Produkt bedeutend, ohne die Adsorptionsfähigkeit besonders zu beeinträchtigen. Die erhaltenen groben Stücke können ohne große Staubverluste durch Zerkleinern und Sieben auf beliebige Korngröße gebracht werden.

Die Zusammensetzung des Produktes entspricht auf weniger als 1 % der Formel des Hydroxylapatites, nur zeigt es auch bei starker thermischer Behandlung noch einen Wassergehalt über das Hydroxylwasser hinaus. Durch Anwendung genau äquivalenter Mengen in den Ausgangslösungen kann man dem exakten stöchiometrischen Ca/P-Verhältnis beliebig nahe kommen. Das Debye-Diagramm entspricht völlig der reinen Substanz und wird durch Glühen fast ebenso scharf wie das kristalliner Präparate.

Eingeg. am 6. Mai 1955 [Z 198]

Über eine Verteilungsreaktion des Wolframs

Von Dr. RUDOLF BOCK und Dr. ELEONORE BOCK
Aus dem Institut für Anorgan. Chemie der TH Hannover und dem
Analyst. Laboratorium der Farbwerke Hoechst AG.

Nach E. Corleis⁵⁾ kann die durch Einleiten von H_2S in eine ammoniakalische Wolframat-Lösung erhaltene Gelbfärbung nach dem Ansäuern aus der wäßrigen Lösung mit Aether ausgeschüttet werden. Diese Angabe konnte bestätigt werden, es zeigte sich je-

¹⁾ S. M. Swingle u. A. Tiselius, Biochemic. J. 48, 171 [1951].
²⁾ H. L. Mitchell, W. G. Schenk u. R. E. Stoker, Ind. Engng. Chem. 45, 6776 [1951].
³⁾ W. H. Mc Intire u. W. W. Hammond, ebenda Analyt. Ed. 30, 160 [1938].
⁴⁾ A. Schleede, W. Schmidt u. A. Kindt, Z. Elektrochem. 38, 633 [1932].
⁵⁾ Liebigs Ann. Chem. 232, 244 [1886].

doch, daß nur ein sehr kleiner Teil des vorhandenen Wolframs in die organische Schicht geht.

Die Ausbeuten an W im Aether ließen sich auf folgende Weise steigern: 0,5 g WO_3 wurde mit 4 g einer Mischung von $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{S}$ (1:1) geschmolzen, die Schmelze in Wasser gelöst und die Lösung angesäuert. Dabei fiel braunes Wolframsulfid aus. Beim Schütteln der wäßrigen Suspension mit Aether löste sich ein Teil des Wolframs in der organischen Phase. Die Ausbeuten schwankten stark; als günstigste Bedingungen sind nach den bisherigen Versuchen anzusehen: Lange Anheiz- und Abkühlungsdauer beim Aufschluß (ca. 1–2 h); Aufschlußdauer ca. $1/3$ bis 1 h bei mittlerer Bunsenbrennerhitze; Zugabe von H_2S -gesättigtem Aether zu der alkalisch reagierenden Lösung der Schmelze, dann schnelles Ansäuern mit verd. Salzsäure in einem Guß und sofortiges Ausschütteln, das mit frischem Aether wiederholt wird, bis dieser farblos bleibt. Es wurden auf diese Weise bis rd. 40 % des Wolframs in die Aether-Schicht gebracht. Auch in anderen organischen Lösungsmitteln (z. B. Amylacetat) war die W-Verbindung löslich. Mit verschiedenen WO_3 -Präparaten wurden bei sonst gleicher Arbeitsweise unterschiedliche Ausbeuten erhalten, so daß Vorbehandlung und Korngröße des Ausgangsmaterials von Bedeutung zu sein scheinen. Auch Schmelzen von W-Metall mit $\text{Na}_2\text{S} + \text{S}$ geben diese Reaktion.

Von verschiedenen anderen Elementen (As, Sb, Sn, Ge, V, Mo) reagierte nur Mo entsprechend, allerdings mußten die Schmelzen höher erhitzt werden und die Ausbeuten im Aether waren geringer als beim W.

Die Reaktion ist möglicherweise zur Herstellung sehr reiner Wolfram-Präparate verwendbar. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß dabei eine Thiowolframsäure entsteht, die in organischen Lösungsmitteln beständiger ist als in Wasser.

Eingegangen am 21. Mai 1955 [Z 202]

Kondensation von Phosphat-Anionen unter einfachen Bedingungen in wäßriger Lösung*

Von B. SANSONI, Regensburg

Aus dem Institut für Anorganische und Analytische Chemie
der Phil.-Theolog. Hochschule Regensburg

Eine wässrige Aufschlämmung von Magnesiumcarbonat wurde¹⁾ mit reiner Tetrametaphosphorsäure-Lösung titriert, die man aus Alkalitetrametaphosphat-Lösung durch Kationenaustausch an H^+ -Wofatit K erhalten hatte. Anschließende Methanol-Aceton-Fällung ergab anstatt wasserlöslichen, kristallisierten Magnesiumtetrametaphosphate²⁾ ein zäh-klebriges Öl. Es läßt sich bis zu 25 cm langen Fäden ausziehen. Unter Methanol-Aceton erstarrt es nach einigen Tagen zu einer weißen, bröseligen Masse. Das Gemisch besteht großteils aus traubenzwölfkörnig aneinander gepackten, kugeligen Aggregaten. Sie sind praktisch wasserunlöslich und röntgenamorph. In einer anderen Versuchsreihe wurden Proben der reinen wässrigen Säure (0,7 bis 0,9 n) verschieden lange aufbewahrt. Die mit Silbernitrat erhaltene Fällung deutete ebenfalls auf höhermolekulare Umwandlungsprodukte.

Reine einfache Phosphat-Lösungen wurden nun nach bestimmter Vorbehandlung papierchromatographisch und papierelektrophoretisch auf die Bildung höherkondensierter Produkte hin untersucht. Zu diesem Zweck wurden z. B. wässrige n/10- bzw. m/10-Lösungen von $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Sörensen, Merck), $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (p. a. Merck), $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Na-Polyphosphatglas (64,7 % P_2O_5 , nach³⁾), $(\text{NaPO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (rein), $(\text{NaPO}_4)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, (etwas verunreinigt) und $(\text{NaPO}_4)_x$ (Grahamsches Salz, nicht fraktioniert, Fp 850 °C) in Reagensgläsern bei Zimmertemperatur (14–16 bzw. 20–23 °C) bis zu 165 Tagen unter lockrem Verschluß stehen gelassen, oder $1/4$, $3/4$, 1,60, 120, 180, 240 min gekocht bzw. $1/4$, $1/2$ min mit 1,5 n HCl gekocht, oder $1/2$ min mit 3 n HCl gekocht, oder $1/2$ min mit 2 n NaOH gekocht und anschließend papierchromatographiert⁴⁾.

In den Lösungen lassen sich neben niederkondensierten Spaltprodukten in einzelnen Fällen papierchromatographisch nicht wandernde Phosphate nachweisen: Beispieldeweise bei Diphosphat ab 10 Tage Stehen oder 1 bis 2,5 h Kochen, Triphosphat ab 8 (bzw. 5) Tage Stehen oder 0,5 bis 60 min Kochen (manchmal nur höhere Oligophosphate), Trimetaphosphat nach 1- und mehrstündigem,

* IV. Mitteilung über Trennung von Phosphaten durch Papierelektrophorese (III. Mittig. B. Sansoni u. R. Klement, diese Ztschr. 66, 598 [1954]; Berichtigung: S. 602, linke Spalte, Zeile 3 und 7 ist die Trennung Di-/Trimetaphosphat zu streichen.) Als Diskussionsbermerkung vorgebracht auf der Tagung „Probleme der Chemie kondensierter Phosphate“ in Berlin 26.–28. 4. 1955.

¹⁾ B. Sansoni, unveröffentlicht Juni 1948, Erlangen. (Laboratorium Prof. Dr. K. A. Andress).

²⁾ A. Glatzel, Dissertation. Würzburg 1880.

³⁾ W. Dewald u. H. Schmidt, diese Ztschr. 65, 78 [1953].

⁴⁾ A. P. Ebel u. Y. Volmar, C. R. hebdo. Séances Acad. Sci. 233, 415 [1951]. B. Sansoni, diese Ztschr. 65, 423 [1953].