

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin der Universität Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. med. Dr. jur. O. SCHMIDT).

Fäulnis und Verwesung im Experiment*.

Von

D. LORKE und O. SCHMIDT.

Mit 1 Textabbildung.

In der Lehrbuchmeinung werden die chemischen Vorgänge bei der Fäulnis als Reduktion, die der Verwesung als Oxydation dargestellt. „Die Oxydation bezeichnen wir mit Verwesung, die Reduktion mit Fäulnis“, definiert PUPPE¹ 1908. MUELLER-WALCHER² sprechen 1944 von einem „Umschlag des Chemismus der Leichenzerersetzung von reduzierenden zu oxydierenden Prozessen.“

Reduktion und Oxydation sind nach chemischen Vorstellungen untrennbar verbunden; es kann sich also bei der Fäulnis nicht nur um Reduktion und bei der Verwesung nicht nur um Oxydation handeln, sondern maßgebend ist das Niveau, in dem sich diese Oxydations-Reduktionsvorgänge abspielen. Herrschen reduzierend wirkende Substanzen vor, rückt das Potential — die Redoxlage — ins Negative. Wird das Verhältnis von Reduktions- zur Oxydationsaktivität durch Zunahme oxydierender Stoffe gestört, wird das herrschende Potential, bei dem die Reduktions-Oxydationsprozesse ablaufen, positiver.

Der herrschenden Potentiallage entsprechend werden die auftretenden Zersetzungsprodukte verschieden sein. Bei der Fäulnis werden sich vorzüglich reduzierte Stoffe, wie Ammoniak, Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff, bemerkbar machen. Bei der Verwesung werden dagegen oxydierte Stoffe, wie Kohlendioxyd, Salpetersäure, Phosphorsäure oder deren Salze entstehen.

Vom Schwefel wird man erwarten können, daß er bei höherer Potentiallage in Sulfite und Sulfate, in denen der Schwefel 4- bzw. 6fach positiv ist, überführt wird; bei niedrigem Potentialniveau aber wird zu erwarten sein, daß zweifach negativer Schwefel als Schwefelwasserstoff entweicht. Wegen seiner verschiedenwertigen Verbindungen, die sich chemisch gut voneinander trennen lassen, ist der Schwefel in besonderem Maße geeignet, die Relationen zwischen Redoxpotential und den verschiedenwertigen Oxydations- bzw. Reduktionsstufen aufzuzeichnen.

Wir beschränkten die Untersuchungen zunächst auf den Nachweis des gasförmigen, zweifach negativen Schwefels, der als Schwefelwasser-

* Vortrag gelegentlich der Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Berlin (August 1951).

stoff leicht faßbar ist und vermöge seiner spezifischen Geruchseigenschaft wohl mit den wesentlichen Unterschied zwischen Fäulnis und Verwesung ausmacht.

Der sinnfälligste Unterschied zwischen Fäulnis und Verwesung besteht eben darin, daß die Fäulnis sich durch eine stark stinkende Gasentwicklung auszeichnet. Bei der Verwesung zeigt sich dagegen ein modriger, penetranter Geruch. Verwesungssubstrate sind im allgemeinen trocken und von zundriger, zerfallender Beschaffenheit, faulende Organe dagegen flüssig-weich, was JUSTUS V. LIEBIG schon festgestellt hat.

Bei der Versuchsanordnung kam es darauf an, die postmortale Zersetzung unter sonst gleichen Bedingungen bei variiertem Potential ablaufen zu lassen. Verwendet wurden jeweils 20 g frische, durch den Wolf gedrehte Pferdeleber, die — mit 100 cm³ destilliertem Wasser versetzt — bei 35° C der Zersetzung überlassen wurde. Die Gefäße wurden entweder mit Luft oder Stickstoff oder Wasserstoff (diesem Gefäß wurde noch 2,5% iges Platinasbest zugefügt) durchströmt. Die Durchströmungsgeschwindigkeit betrug etwa 20—60 Luftblasen in der Minute. Der entweichende Schwefelwasserstoff wurde durch eine Vorlage mit Bleiacetat (8 cm³ 1 n Bleiacetat + 5 cm³ Eisessig + 25 cm³ Wasser in einem Kugelrohr) quantitativ aufgefangen und als Bleisulfid gewichtsanalytisch bestimmt.

Als Ergebnis fanden wir:

1. Im Luftstrom keine Schwefelwasserstoffbildung,
2. im Stickstoff- und im Wasserstoffstrom entstand vom 2.—5. Tag Schwefelwasserstoff.

Die Mengen (um 3,5 mg Schwefel) entsprechen etwa $\frac{1}{15}$ des in der Leber enthaltenen Schwefels. Ein Zusatz von Cystin bzw. Cystein erhöhte unter sonst gleichen Bedingungen die Menge des entstehenden Schwefelwasserstoffs; doch wurde auch hier nur etwa $\frac{1}{3}$ des in den zugesetzten Stoffen enthaltenen Schwefels als H₂S gefunden. Zugesetzte Sulfate wurden in den Zersetzungsgefäßen nicht zu Schwefelwasserstoff reduziert.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Redoxlage des Wasserstoffes mit —420 mV ausreicht, um Schwefelwasserstoff zu bilden. Im Luftstrom, dem man mit gewissen Einschränkungen wohl das Potential des Sauerstoffes von + 800 mV zuordnen kann, bildet sich kein Schwefelwasserstoff. Das herrschende Potential im Stickstoffstrom näher anzugeben, ist nicht möglich. Es liegt in den ersten Tagen jedenfalls ähnlich negativ wie das des Wasserstoffes.

Um auch über die Werte zwischen + 800 und —420 mV Aussagen machen zu können, wurden reversible Farbstoffe in die Gefäße gegeben. Diese Farbstoffsysteme schaffen, sofern sie nicht vollständig reduziert,

d. h. farblos geworden sind, ein Potential, das in der Nähe des Normalpotentials der Farbstoffe liegen dürfte. Es wurden Methylenblau (Normalpotential + 11 mV) und Neutralrot (Normalpotential - 320 mV) verwendet. Die Mengen der Farbstoffe wurden so gewählt, daß eine $1/20$ molare Lösung entstand. *Beide Farbstoffe verhinderten die Schwefelwasserstoffbildung im Stickstoffstrom.* Die Flüssigkeiten blieben gefärbt. Im Luftstrom entstand, wie zu erwarten, kein H_2S . Wasserstoff entfärbte, seiner Potentiallage entsprechend, die Farbstoffe; aber erst nach der Entfärbung bildete sich Schwefelwasserstoff.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Höhe des Potentials für die Bildung von Schwefelwasserstoff bei der postmortalen Zersetzung eine entscheidende Rolle spielt:

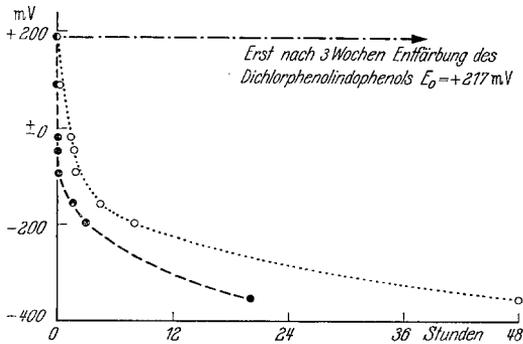


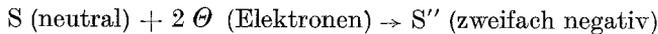
Abb. 1. Potentialabfall in beginnend faulenden (---), fortgeschritten faulenden (····) und verwesenden (— · — · —) Organen (Herzmuskel).

Damit H_2S entsteht, muß das Redoxpotential niedriger als - 320 mV (Normalpotential des Neutralrots) sein. Darüber hinaus scheint die Redoxlage für den Ablauf der postmortalen Zersetzungs Vorgänge überhaupt eine beherrschende Stellung einzunehmen.

Welche Fermente an der Bildung des Schwefel-

wasserstoffes im einzelnen beteiligt sind, inwieweit körpereigene oder bakterielle, läßt sich aus unseren Versuchen nicht entnehmen. Aus unseren Untersuchungen geht auch nicht hervor, von welchen präformierten Schwefelgruppen der Schwefelwasserstoff stammen könnte.

Der Zusammenhang zwischen der Schwefelwasserstoffbildung und dem Redoxpotential ist leicht zu deuten, wenn man bedenkt, daß sich die anorganisch-chemischen Reaktionen aus der Spannungsreihe herleiten lassen. Für den Ablauf von



wird ein Normalpotential von - 510 mV angegeben³. Diese Reaktion kann also nur bei stark negativem Potential ablaufen. In höherem Potentialniveau werden sich die Oxydationsprodukte des Schwefels bilden.

Nach diesen Vorstellungen muß also in faulendem Gewebe ein sehr tiefes, in verwesendem ein höheres Potential herrschen. Diese Vermutung fanden wir im Experiment bestätigt: Wir untersuchten Gewebe, das zu faulen begann, das fortgeschritten faul war, und den Herzmuskel

einer Leiche, die 3 Jahre inhumiert war, mit reversiblen Farbstoffsystemen unter Luftabschluß⁴.

Die Ergebnisse zeigt die Abb. 1. In ihr ist die Höhe der Normalpotentiale der Farbstoffe in Abhängigkeit von der Zeit ihrer Entfärbung dargestellt. Man erkennt deutlich, daß bei Beginn der Fäulnis die Farbstoffe am schnellsten entfärbt werden, das Potential des Gewebes also am tiefsten liegt. Das verwesende Gewebe war auch nicht nach Wochen in der Lage, die Farbstoffe mit den negativeren Normalpotentialen zu entfärben. Bei der Verwesung hält sich das Potential also in positiveren Bereichen. Dies bestätigt unsere Auffassung von der zentralen Bedeutung des Redoxpotentials bei Fäulnis und Verwesung.

Zusammenfassung.

Im Bestreben, den Zersetzungserscheinungen bei Fäulnis und Verwesung nachzugehen, wurden wir auf die Bedeutung der Redoxlage für die postmortale Zersetzung hingewiesen. Wir untersuchten die Schwefelwasserstoffbildung in ihrer Abhängigkeit zur herrschenden Redoxlage. Hierbei ergab sich, daß Schwefelwasserstoff nur bei stark negativer Potentiallage, die negativer als das Normalpotential des Neutralrots ($E_0 = -320$ mV) war, entstand. Ein derartig negatives Potential wird, wie sich unter Anwendung von Farbstoffindikatoren zeigte, bei der Verwesung nicht, wohl aber bei der Fäulnis erreicht. Beide Prozesse unterscheiden sich demnach im wesentlichen nur durch die Höhe ihrer Redoxlage.

Literatur.

¹ PUPPE, G.: Atlas und Grundriß der gerichtlichen Medizin, Teil I, S. 181. 1908. — ² MUELLER-WALCHER: Lehrbuch der gerichtlichen und sozialen Medizin, S. 179. 1944. — ³ HOLLEMANN-WIBERG: Lehrbuch der anorganischen Chemie. Berlin 1951. — ⁴ SCHMIDT, O.: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **37**, 20 (1943). — Zbl. Path. **87**, 257 (1951).

Dr. D. LORKE, Göttingen,
Institut für gerichtliche Medizin der Universität.