

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik
der Universität Erlangen (Direktor: Prof. Dr. Dr. E. WEINIG.)

Kohlenoxydbestimmung im Leichenblut*.

Von

WOLFGANG SCHWERD.

1905 hat F. REUTER auf der 1. Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche Medizin in Meran bereits auf Schwierigkeiten beim CO-Nachweis im Leichenblut hingewiesen, die sich schon vor dem Einsetzen von Fäulniserscheinungen ergeben können. Er berichtete unter anderem von dem positiven Ausfall der KUNKELschen Tanninprobe bei CO-freien Blutproben, die der Hitzeeinwirkung ausgesetzt waren oder aber eine Zeitlang auf dem Eis gestanden hatten. Wir fanden das gleiche mehrmals bei CO-freien *faulen* Blutproben. Der Ausfall der Tanninprobe erreichte bisweilen eine Stärke wie bei dem Blut von Leuchtgasvergifteten (mit 50—60% CO-Hb). Auch bei der spektroskopischen Untersuchung kann Leichenblut irrtümlich als CO-haltig angesehen werden, wenn z. B. das Reduktionsmittel versagt oder bei einem stärkeren fäulnisbedingten Hämatingehalt des Blutes das nach der Reduktion auftretende Spektrum des Hämochromogens mit dem des CO-Hb verwechselt wird (HABERDA). Ferner kann Stickoxyd-Hb, das sich in Leichen von Nitritvergifteten bildet, zu Verwechslungen mit CO-Hb Anlaß geben, worauf LAVES hingewiesen hat. (Met-Hb wird dagegen bei der spektroskopischen Untersuchung nicht als Fehlerquelle in Betracht kommen, wie HÔDYÔ u. WEHRLI meinen, weil dieses reduzierbar ist.)

Es kann aber auch das Gegenteil eintreten. Bekanntlich ergeben die üblichen qualitativen Proben, von denen die Tanninprobe die verbreitetste ist, bereits im Frischblut unter 20% CO-Hb unsichere oder negative Befunde (s. bei K. WAGNER u. a.). Auch bei dem spektroskopischen CO-Nachweis ist dies der Fall. Mit dem Auftreten von Fäulnisveränderungen versagen diese Methoden aber oft selbst bei wesentlich höheren CO-Konzentrationen. HÔDYÔ u. WEHRLI erwähnen z. B., daß bei der Untersuchung eines älteren faulen Leichenbluts die üblichen qualitativen Methoden negativ verliefen, während gasanalytisch der gleiche CO-Gehalt wie in der frischen Blutprobe ermittelt werden konnte. Nach K. WAGNER war in einer faulenden Blutprobe mit etwa 45% CO-Hb bereits nach 4 Wochen der spektroskopische Befund zweifelhaft und die Tanninprobe negativ, während das CO nach Evakuierung der Blutgase

* Auszugsweise auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Kiel (Oktober 1954) vorgetragen.

und Überführung in eine frische Hb-Lösung noch nach 8 Wochen in unverminderter Stärke nachgewiesen werden konnte.

Die üblichen qualitativen Methoden zum CO-Nachweis können daher für die Untersuchung von Leichenblut, insbesondere wenn dieses schon Fäulniszeichen aufweist, nicht als geeignet angesehen werden. Es war daher die Frage, welche Möglichkeiten in faulem Blut für einen einfachen, genügend empfindlichen und möglichst quantitativen CO-Nachweis gegeben sind.

Quantitative CO-Untersuchungen in faulem Blut wurden bisher nur von HÔDYÔ u. WEHRLI und von GETTLER auf gasanalytischem Wege durchgeführt; jedoch ist das gasanalytische Arbeiten zeitraubend und erfordert eine spezielle Apparatur, die nicht in jedem Laboratorium vorhanden ist. Wir haben daher versucht, ein einfacheres Verfahren zur quantitativen CO-Bestimmung in faulem Blut zu finden. Hierfür kamen folgende Möglichkeiten in Betracht:

1. Evakuierung der Blutgase und Überleitung in eine frische Blutlösung.
2. Nachweis des CO mit Palladiumchlorür.
3. Nachweis des CO nach Umwandlung des Blutfarbstoffs in Hämochromogen.
4. Isolierung des CO-Hb von anderen Hb-Anteilen des Blutes.

*1. Nachweis des CO durch Evakuierung und Überleiten
in eine frische Blutlösung.*

Der Nachweis von CO nach Freisetzung der Blutgase und Überführung in eine frische Blutlösung wäre schon deswegen zu bevorzugen, weil er als spezifisch gelten kann. Er wurde schon von LINDBERGER empfohlen und von HÔDYÔ u. WEHRLI und WAGNER (Methodik s. dort) zur Sicherstellung der Identität des aus faulem Blut freigemachten Gases herangezogen. Hierdurch wird nicht nur der störende Einfluß aller in faulem Blut vorhandenen Farbstoffe ausgeschaltet, sondern es besteht gleichzeitig der Vorteil, das Gas anzureichern und somit noch Mengen erfassen zu können, die mit den meisten anderen qualitativen Verfahren schon in frischem Blut nicht mehr nachweisbar sind.

Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß das Verfahren zwar zum qualitativen Nachweis sehr einfach und relativ empfindlich, für quantitative Zwecke dagegen etwas umständlich ist. Es gelingt nämlich nicht, das CO aus dem zu untersuchenden Blut quantitativ freizumachen und in die vorgelegte Blutlösung überzuführen. Je nach dem Rauminhalt der verwendeten Glasgeräte ergeben sich unter Umständen ganz beträchtliche Verluste, weshalb zunächst eine zeitraubende Eichung des Geräts mit verschieden stark CO-haltigem Blut erforderlich wäre, um aus der CO-Menge im Frischblut auf den CO-Gehalt des Ausgangsblutes

schließen zu können. (Die Menge des in die Frischblutlösung übergegangenen CO könnte mit einem beliebigen quantitativen Verfahren ermittelt werden, wobei allerdings auch der Hb-Gehalt der Blutlösung festgestellt werden müßte. — 1 mg Hb bindet 0,00134 ml CO.)

2. CO-Bestimmung mit Palladiumchlorür.

Das einfachste Verfahren, bei welchem Palladiumchlorür als Reagens dient, dürfte die von GETTLER u. FREIMUTH angegebene Testfleckenmethode sein (Methodik s. bei SEIFERT u. SCHMIEDER). Allerdings ist es, wie die Autoren selbst angaben, insbesondere bei Konzentrationen über 20—30% nur zu grobquantitativen Bestimmungen geeignet, während bei geringeren Konzentrationen relativ genaue Befunde erhoben werden können. Fäulnis soll die Ergebnisse nicht stören. Wir haben orientierende Versuche mit faulen Blutproben gemacht und fanden bei CO-freiem Blut nie Schwärzungen der Testpapierchen, dagegen traten mehrmals gelbe bis gelbrote Flecken auf, die in positiven Fällen die Palladiumabscheidung verhinderten bzw. überdeckten. Diese Farbreaktionen sind offenbar durch Komplexsalzbildung bedingt, wofür vor allem Ammoniak in Betracht kommt, das bei der Fäulnis reichlich entsteht. Die dem Blut zugesetzte Milchsäure genügt nicht, um das Ammoniak zurückzuhalten, was jedoch durch Zwischenschaltung eines Gefäßes mit verdünnter Schwefelsäure gelingt. Unter diesen Umständen dürfte auch die Testfleckenmethode zur CO-Bestimmung in faulem Blut brauchbar sein. Da aber die PdCl_2 -Reduktion an sich unspezifisch ist, empfiehlt sich eine qualitative Sicherung des Befundes (z.B. nach den unter 1. oder 4. aufgeführten Methoden).

3. Nachweis des CO nach Umwandlung des Blutfarbstoffs in Hämochromogen.

Der spektrophotometrische CO-Hb-Nachweis gehört zu den Methoden, die am raschesten durchführbar sind. Eine Einzelbestimmung dauert samt Vorbereitung kaum 5 min. Voraussetzung für die Richtigkeit der Ergebnisse ist aber, daß neben CO-Hb nur O_2 -Hb (bzw. red. Hb) in der Untersuchungsflüssigkeit vorliegt. Bei Leichenblut ist das Verfahren daher mit dem Einsetzen von Fäulnisveränderungen nicht mehr anwendbar. Es war die Frage, ob es möglich ist, den Blutfarbstoff in Eiweißhämochromogen umzuwandeln, wobei sich eine der zunächst vorhandenen CO-Hb-Konzentration entsprechende Menge CO-Eiweißhämochromogen bilden müßte. Auf diese Möglichkeit hat schon O. SCHMIDT hingewiesen und ein entsprechendes Verfahren aufgezeigt. Eingehendere Untersuchungen mit faulem Blut wurden aber offenbar bis jetzt damit noch nicht durchgeführt.

Das Serumeiweiß-Hämochromogen (ANSON und MIRSKY) entsteht ebenso wie dessen CO-Verbindung aus Hämoglobin (bzw. CO-Hb) durch Versetzen des Blutes mit Alkali und Reduktion des hierbei entstandenen alkalischen Hämatins. Hämatin selbst geht weder im sauren noch im alkalischen Bereich Verbindungen mit CO ein; das CO bleibt aber physikalisch gelöst. Der Verlauf des Absorptionsspektrums des Hämochromogens hängt von sehr verschiedenen Bedingungen, wie z. B. von der Art des Lösungsmittels, vom p_H usw. ab, worüber O. SCHMIDT sehr sorgfältige Untersuchungen angestellt hat. Die Ionenkonzentration des Lösungsmittels ist auch für die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Umwandlung von Hb in Hämatin von Bedeutung (O. SCHMIDT, K. FEISE). Für die Hämochromogenbildung sind nach den Untersuchungen von O. SCHMIDT außerdem noch die Menge an zugesetztem Reduktionsmittel und die Serumbeschaffenheit maßgebend. Nach dem Zusatz von *ungekochtem* Serum zu einer *Häminlösung* und Reduktion fand er nur schwache Hämochromogenshatten und empfahl daher die Verwendung von Serum, das in $n/10$ NaOH gekocht wurde. Ob das gleiche auch bei der Verwendung von Blut der Fall ist, geht aus der Arbeit nicht hervor. Wir fanden bei unseren Versuchen keinen nennenswerten Unterschied im Verlauf der Farbkurve des Hämochromogens, ob wir nun das mit NaOH versetzte *Blut* vor der Reduktion kochten oder nicht. Bei der Verwendung von 10%iger Lauge war die Intensität der Hämochromogenshatten geringer als bei Verwendung von $n/10$ NaOH.

Bei der Darstellung von Hämochromogen einerseits aus frischem und andererseits aus faulem Blut fanden wir in zahlreichen Versuchen (nachdem wir uns zunächst an Hand der Messung des Extinktionsverlaufs vor der Reduktion davon überzeugt hatten, daß der Blutfarbstoff praktisch quantitativ in Hämatin umgewandelt war) bei den faulen Proben meist einen wesentlich flacheren Verlauf der Absorptionskurve des Hämochromogens. Die Maxima und Minima waren bei verschiedenen Blutproben verschieden stark ausgeprägt, obwohl wir die Versuche stets gleichen Bedingungen durchführten. Die unvollständige Hämochromogenbildung war meist schon mit freiem Auge an dem ungenügenden Farbumschlag zu erkennen. Wir vermuten, daß sie mit Eiweißdenaturierungserscheinungen infolge der Fäulnis zusammenhängt.

Ein *quantitativer* CO-Nachweis in faulem Blut auf spektrophotometrischem Wege ist daher nicht möglich. Man kann zwar das CO nach Umwandlung des Blutes in Hämochromogen *qualitativ* nachweisen, was jedoch die Darstellung einer typischen Farbkurve mindestens in einem kleinen Spektralbereich voraussetzt und daher sehr umständlich ist. Wegen der oft mangelhaften Hämochromogenbildung in faulem Blut ist auch der CO-Nachweis mit dem Handspektroskop, der nach O. SCHMIDT noch bei einem 5%igen CO-Hb-Anteil gelingt [was allerdings viel Erfahrung voraussetzt (KOLLER, WAGNER)], oft selbst bei wesentlich höheren CO-Konzentrationen nicht möglich.

4. Isolierung des CO-Hb von anderen Hb-Anteilen des Blutes (WOLFF).

Das WOLFFsche Verfahren beruht bekanntlich darauf, daß Blut mit einer Acetat-Essigsäure-Pufferlösung gemischt und erwärmt wird,

wobei CO-Hb praktisch quantitativ in Lösung bleibt, während Oxy-Hb ausgefällt wird. Mit dieser Methode können auch quantitative Untersuchungen durchgeführt werden (JONSSON, PAUL u. WRETTLIND, IM OBERSTEG u. KANTER, SCHWERD). Es ist jedoch bisher noch nicht veröffentlicht worden, ob die in faulendem Blut auftretenden Blutfarbstoffderivate (Met-Hb, Sulf-Hb, Hämatin, Hämochromogen u. a.) oder die p_H -Verschiebung einen störenden Einfluß auf das Verfahren ausüben¹.

Wir haben zunächst Versuche zur Frage der Spezifität des Verfahrens bei Verwendung von Frischblut durchgeführt, weil nach einer Mitteilung von CASTAGNOU und GOLSE hieran Zweifel bestanden. Wie wir bereits an anderer Stelle berichtet haben, bestehen diese Zweifel nicht zu Recht. Es läßt sich zwar im WOLFFschen Filtrat spektrophotometrisch immer eine kleine Menge O₂-Hb nachweisen, was aber im wesentlichen durch nachträgliche Dissoziation des CO-Hb bei der zur spektrophotometrischen Messung erforderlichen Verdünnung mit luftsauerstoffhaltigem Wasser zu erklären ist. Auch beim Abtropfen des Filtrats aus dem Trichter kann bereits etwas CO-Hb dissoziieren.

Reduziertes Hb wird nicht vollständig ausgefällt wie folgender Versuch zeigt: Reduziert man den Blutfarbstoff vor dem Erhitzen im Wasserbad mit Natrium-dithionit, so geht auch bei CO-freien Blutproben roter Farbstoff (red. Hb) in erheblicher Menge in das Filtrat über. Denselben Effekt kann man erzielen, wenn Blut mit destilliertem Wasser und Pufferlösung gemischt wird, die vorher zur Entfernung des Luftsauerstoffs mit Stickstoff durchströmt wurden. Es muß deshalb zur Erzielung einwandfreier Ergebnisse durch vorheriges Schütteln des zur Verdünnung notwendigen Wassers und der Pufferlösung dafür gesorgt werden, daß diese genügend Luftsauerstoff enthalten, damit sich etwa vorhandenes red. Hb in O₂-Hb umwandelt.

Um den Einfluß von Farbstoffen, die bei der Fäulnis auftreten können, zu untersuchen, haben wir 38 ausnahmslos stark faule Blutproben nach WOLFF behandelt. Hierbei traten zwar mehrmals schwach gerötete Filtrate auf, die aber durch einen geringen CO-Hb-Gehalt des Leichenbluts bedingt waren, wie die spektrophotometrische Kontrolle ergab. Während nun CO-freies Frischblut ein schwach strohgelb gefärbtes Filtrat ergibt, war bei den faulen Blutproben oft eine ziemlich intensive Gelbfärbung mit bräunlichem Beiton festzustellen. Die Bestimmung des Extinktionsverlaufs des Farbstoffs führte zu dem Spektrum des Hämatins. (Durch Reduktion ließ sich dementsprechend das Hämochromogen darstellen; auch hier waren die Hämochromogenshatten offenbar in Folge der Eiweißveränderungen durch den Pufferzusatz nur schwach

¹ Einer Diskussionsbemerkung von Herrn Professor Dr. ERIK WOLFF-Stockholm verdanken wir die Mitteilung, daß sich im Auslande (Schweden, Tschechoslowakei usw.) das Verfahren auch bei der Untersuchung von Leichenblut gut bewährt hat.

ausgeprägt, die Maxima lagen aber an typischer Stelle.) Durch Vorschaltung eines Gelbfilters bei der colorimetrischen Messung des WOLFFSchen Filtrats kann der störende Einfluß des Hämamins ausgeschaltet werden.

Als Fehlerquelle schien uns noch das Stickoxyd-Hämoglobin (NO-Hb) in Betracht zu kommen, das nach den Untersuchungen von LAVES in Leichen von Nitritvergifteten auftritt und dem CO-Hb in Farbe und spektralem Verhalten sehr ähnlich ist. In vitro dargestelltes NO-Hb fiel ebenso wie Met-Hb bei der Behandlung nach WOLFF aus. Zur Sicherung machten wir jedoch noch Tierversuche mit Meerschweinchen, die mit nitrosen Gasen vergiftet wurden. Im Blut der Tierkadaver war neben Met-Hb reichlich NO-Hb nachzuweisen. Bei der Durchführung des WOLFFSchen Verfahrens gelangte jedoch *kein* NO-Hb in das Filtrat, dagegen etwas Met-Hb. Als Fehlerquelle spielt jedoch Met-Hb keine Rolle, weil es an seiner braunen Farbe sofort zu erkennen ist und offenbar nur dann in das Filtrat übergeht, wenn es in stärkerer Konzentration vorliegt.

Eine erst *nach* Zugabe eines Reduktionsmittels zum Filtrat auftretende Rötung kann somit entweder durch das Vorhandensein von Hämatin (Übergang in Hämochromogen) oder von Met-Hb (Übergang in reduz. Hb) bedingt sein und darf nicht auf CO-Hb bezogen werden, wie dies WOLFF angibt. Wir konnten jedoch die Vermutung von WOLFF bestätigen, daß das CO-Hb im Filtrat nach Zugabe von Natriumdithionit wenigstens teilweise in CO-Hämochromogen übergeht, dessen Maxima im sichtbaren Gebiet an gleicher Stelle wie die des CO-Hb liegen, während das dazwischenliegende Minimum geringer ist (O. SCHMIDT). Durch den Zusatz des Reduktionsmittels ist also ein schärferes Hervortreten der beiden Banden im Spektroskop nicht zu erwarten, sondern eher eine leichte Abschwächung. Trotzdem ist die spektroskopische Kontrolle des Filtrats nach Zusatz von $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ anzuraten, um unspezifische Rötungen auszuschließen.

Wir können somit auf Grund unserer Untersuchungen sagen, daß das WOLFFSche Verfahren auch für die Untersuchung von faulem Blut geeignet ist. Da mit diesem Verfahren bis 5% CO-Hb nachgewiesen werden können, kann es als genügend empfindlich für forensische Zwecke bezeichnet werden. Bei einer Braunfärbung des Filtrats ist an eine Vergiftung mit Met-Hb-Bildnern zu denken.

Durchführung der WOLFFSchen Methode mit Leichenblut.

Zunächst wird eine 20%ige Blutlösung hergestellt, von der 1 Teil mit 4 Teilen Pufferlösung (14,25 ml Essigsäure, 61,2 g Natriumacetat, dest. Wasser ad 200) gemischt, 5 min im Wasserbad bei 55° C erwärmt, abgekühlt und filtriert wird. Sofern das Filtrat gerötet ist, wird die quantitative Bestimmung angeschlossen, wofür 3 Möglichkeiten gegeben sind:

a) Vergleich der Farbstärke des Filtrats mit Standardfarblösungen, wie sie von JONSSON und IM OBERSTEG u. KANTER angegeben wurden.

b) Colorimetrischer Vergleich mit dem WOLFFSchen Filtrat einer durch Einleiten von Leuchtgas CO-gesättigten gleichkonzentrierten Blutlösung (JONSSON). Wenn das zu untersuchende Blut frisch ist, dann kann dieses nach CO-Sättigung zum Vergleich herangezogen werden. Bei faulem Blut, in welchem Blutfarbstoffderivate vorliegen, die nicht

mehr in CO-Hb übergehen (wie z. B. schon Met-Hb), muß dagegen CO-gesättigtes Frischblut zum Vergleich verwendet werden, dessen Gesamt-Hb-Gehalt (sofern er von dem des faulenden Blutes abweicht) dadurch berücksichtigt wird, daß das Ergebnis damit multipliziert und durch den Hb-Wert des faulen Blutes dividiert wird. (Hb-Bestimmung in faulem Blut s. weiter unten.)

Die Leuchtgas- bzw. CO-Sättigung ist wegen der Dissoziation des CO-Hb bei Zusatz von Wasser und Pufferlösung mit dem Gemisch aus 1 Teil 20%iger Blutlösung und 4 Teilen Pufferlösung vorzunehmen, weil sonst der Sättigungsgrad nur 75—80% beträgt und dementsprechend 20—25% zu hohe Ergebnisse resultieren.

Die Zeitdauer der Gasdurchleitung zur Erreichung einer Vollsättigung des Blutes mit CO wird in der Literatur sehr verschieden angegeben. Nach RUSZNYAK u. HATZ genügt es, 1 min lang CO durchzuleiten, HEILMEYER gibt für CO 10 min, HAUROWITZ, HAYER und DOEPNER geben für Leuchtgas 10 min, JONSSON, GETTLER u. FREIMUTH 30 min, SEIFERT 2 Std, WEHRLI 4 Std, RIEKE 15 Std, KOLLER 24 Std und BEBIOLKA gar 36 Std an. Von den zitierten Autoren nennt nur RIEKE die Blutmenge, die natürlich für die Zeitdauer bis zur Erreichung der CO-Sättigung von wesentlicher Bedeutung ist.

Zur Durchführung der CO-Sättigung wurden verschiedene Apparaturen empfohlen (vgl. auch KRAULAND und KOWALSKI). Uns hat sich der von WEHRLI angegebene Kolben als sehr brauchbar erwiesen, bei dem auch ein Übersäumen des Blutes vermieden wird. Das durchgeströmte Gas leiteten wir ins Freie. Wie wir zusammen mit MÖCKEL und DOROCHOWICZ feststellen konnten, genügt es zur Erzielung einer maximalen CO-Sättigung, wenn in diesem Kolben durch 5 ml Blut 5 min lang Gas geleitet wird. Bei der erforderlichen Blut-Puffer-Mischung, die etwa 4% Hb enthält, genügen bereits 2—3 min. Oktylalkohol (zur Verhinderung des Schäumens) darf *nicht* zugesetzt werden, weil hierdurch CO-Hb zerstört wird.

c) Schließlich kann ein genügend genauer quantitativer Befund noch einfacher dadurch erzielt werden, daß die Farbstärke des WOLFFSchen Filtrats mit der Farbkonzentration des Blutes ohne vorherige Sättigung mit CO verglichen wird. Die Methodik haben wir bereits an anderer Stelle ausführlich dargelegt. Sie besteht darin, daß 1 Teil der 20%igen Blutlösung mit 4 Teilen einer 0,2—0,4%igen Ammoniaklösung statt mit Pufferlösung versetzt und dann solange mit Ammoniaklösung weiter verdünnt wird, bis die Farbhelligkeit des WOLFFSchen Filtrats erreicht ist. (Bei sehr hohen Konzentrationen ist auch das Filtrat zunächst auf das Doppelte oder mehr zu verdünnen.) Aus der verbrauchten Menge an Ammoniaklösung kann die CO-Hb-Konzentration errechnet werden. Der Gesamt-Hb-Gehalt des Blutes muß nicht gesondert bestimmt werden. Sobald jedoch das zu untersuchende Blut Fäulniszeichen aufweist, muß zum Vergleich eine entsprechende Lösung aus frischem Blut verwendet werden, wobei dann auch der Hb-Gehalt, wie unter b) bereits ausgeführt, zu berücksichtigen ist.

Hämoglobinbestimmung im Leichenblut.

Der Hb-Gehalt ist bekanntlich wegen der postmortalen Entmischung im Leichenblut sehr wechselnd. In 38 von uns untersuchten Fällen lag

er zwischen 32 und 138%, woraus hervorgeht, wie wichtig die Berücksichtigung des Gesamt-Hb-Gehaltes bei CO-Hb-Bestimmung ist, sofern Vergleichsblut mit abweichendem Hb-Gehalt oder Standardlösungen, die auf einen Hb-Wert von 100% eingestellt sind, verwendet werden.

Die Mehrzahl der Hb-Bestimmungsmethoden ist aber wegen des störenden Einflusses der bei der Fäulnis auftretenden Blutfarbstoff-derivate nicht brauchbar. Das SAHLISCHE Verfahren, bei welchem eine Umwandlung des Blutfarbstoffs in Hämatin erfolgt, erschien uns dagegen für die Blutfarbstoffbestimmung im faulen Blut geeignet, nachdem spektrophotometrische Kontrollmessungen mit verschiedenen, schon wochenlang bei Zimmertemperatur faulenden Blutproben ergeben haben, daß das Blut sich durch Salzsäurezusatz praktisch quantitativ in Hämatin überführen läßt.

Nach HEILMEYER beträgt der Fehler bei diesem Verfahren bis zu 11%. Wir hatten zwar bei unseren Versuchen, wenn wir mit der Ablesung genügend lange (20 min) warteten, wesentlich geringere Abweichungen, jedoch mußten wir feststellen, daß im Handel befindliche, angeblich nach den Bestimmungen der „Deutschen Gesellschaft für innere Medizin“ geeichte Sahli-Hämometer mit Frischblut bis zu 40% von den spektrophotometrischen Ergebnissen abwichen. Wir empfehlen daher, die verwendeten Hämometer zu überprüfen.

Die bereits erwähnten 38 Blutproben haben wir bei Zimmertemperatur faulen lassen und zusammen mit SCHMAUSER in mehrtägigen Abständen nach SAHLI untersucht. Die Werte blieben in den ersten Monaten ziemlich konstant. Erst nach 4–6 Monaten waren stärkere Abweichungen zu beobachten. Bei diesen Proben ergaben sich nach Säurezusatz mehr grünliche Farbtöne; in 2 Fällen kam es nicht mehr zur Hämatinbildung, das Blut war schwarzgrün gefärbt und flockte nach Salzsäurezusatz aus.

Demnach kann gesagt werden, daß das Ergebnis der Blutfarbstoffbestimmung nach SAHLI in faulem Blut so lange verwertet werden kann, als der Farbton des Blutes nach Salzsäurezusatz mit dem der Farbkeile übereinstimmt. Ebenso lange kann auch eine hinreichend genaue CO-Hb-Bestimmung mit dem WOLFFSchen Verfahren durchgeführt werden.

Das Verhalten des CO-Hb bei Fäulnis.

Für die Beurteilung eines CO-Hb-Befundes im Leichenblut ist die Kenntnis des Verhaltens des CO-Hb bei Fäulnis von wesentlicher Bedeutung. HOPPE-SEYLER wies bereits auf die Resistenz des CO-Hb gegen Fäulniseinwirkung hin. Er ging sogar so weit, daß er CO-Hb-Lösungen der Fäulnis aussetzte, um sie völlig sauerstofffrei zu bekommen. CO-Hb wurde auch schon mehrfach in exhumierten, zum Teil stark faulen Leichen nachgewiesen.

BLUMENSTOCK gelang der Nachweis 14 Tage nach dem Tode, MARTIN 14 und 86 Tage, BROUARDEL 42, WEIMANN 45 und 50 Tage, RAESTRUP 69 Tage, STRASS-

MANN 90 Tage, WIETHOLD 122 Tage, HEILMANN 144 Tage und LAGUNA gar 210 Tage nach dem Tode in exhumierten Leichen.

Mit aufbewahrten Blutproben erhielten GREIFF (1890) noch nach mehr als 1 Jahr, HÔDYÔ u. WEHRLI nach mehr als 2 Jahren und GETTLER noch nach 35 Jahren positive Befunde.

Quantitativ (gasanalytisch) haben HÔDYÔ u. WEHRLI und GETTLER über längere Zeiträume den CO-Gehalt in faulenden Blutproben verfolgt und fanden dabei selbst bei jahrelanger Aufbewahrung keine nennenswerten CO-Verluste. Wir haben zusammen mit SCHÖNBERG diese Befunde nachgeprüft und können sie im wesentlichen bestätigen. In gefüllten, dicht verschlossenen Gefäßen war im Verlaufe von mehreren Monaten kaum eine Änderung des CO-Hb-Gehaltes festzustellen, in halbgefüllten Gefäßen nahmen dagegen die Werte bereits innerhalb der ersten Wochen langsam ab. Übereinstimmend mit den zuletzt genannten Autoren fanden wir auch keine CO-Bildung bei Fäulnis von Blut.

Es kann deshalb *zusammenfassend* gesagt werden, daß sich das CO-Hb sowohl in vitro als auch in der Leiche sehr lange hält. Wenn in einer exhumierten Leiche noch Blutfarbstoff vorhanden ist, wird auch der CO-Hb-Nachweis wenigstens in den Fällen, bei denen eine CO-Vergiftung vorgelegen hat, gelingen. Da die üblichen qualitativen Methoden gerade bei faulem Material versagen oder aber positive Befunde vortäuschen können, wurden in der vorliegenden Arbeit die Möglichkeiten für einen spezifischen CO-Hb-Nachweis zusammengestellt.

Literatur.

ANSON and MIRSKY: J. of Physiol. **60**, 50 (1925); zit. nach HEILMEYER. — BEBIOLKA, A.: Untersuchungen über die Empfindlichkeit der landläufigen Methoden zum Nachweis des CO im Blut. Inaug.-Diss. Heidelberg 1938. — BLUMENSTOCK: Zit. nach LAGUNA. — BROUARDEL: Zit. nach LAGUNA. — CASTAGNOU, R., et H. GOLSE: Contribution à l'étude du dosage de l'oxyde de carbone dans le sang par la méthode de WOLFF. Arch. Mal. profess. **13**, 39 (1952). — DOEPNER, F.: Vergleichende Untersuchungen über die gerichtsärztliche Bedeutung einiger Methoden zum Nachweis von Kohlenoxyd im Blut. Z. Med.beamte **1909**, 281. — DOROCHOWICZ, M.: Kritische Untersuchungen mit der Kohlenoxydhämoglobinbestimmungsmethode von WOLFF. Inaug.-Diss. Erlangen 1954. — FEISE, K.: Zit. nach O. SCHMIDT. — GETTLER, A. O.: Amer. J. Clin. Path. **11**, 603 (1940); zit. nach IM OBERSTEG u. KANTER. — GETTLER, A. O., and H. C. FREIMUTH: Carbon monoxide in blood: a simple and rapid estimation. Amer. J. Clin. Path. **13**, 79 (1943). — GREIFF, F.: Über Kohlenoxydvergiftung bei Teerdestillation. Vjschr. gerichtl. Med., N.F. **52**, 359 (1890). — HAUROWITZ, F.: Zit. nach HEILMEYER. — HAVER, H.: Über die Verwendbarkeit chemischer Nachweismethoden bei Kohlenoxydblut. Inaug.-Diss. Würzburg 1938. — HEILMANN, P.: Spätnachweis von Kohlenoxyd bei einer ausgegrabenen Leiche. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **23**, 215 (1934). — HEILMEYER, L.: Medizinische Spektrophotometrie. Jena 1933. — HÔDYÔ, H., u. S. WEHRLI: Die Haltbarkeit des Kohlenoxydblutes im Hinblick auf seine chemische Untersuchung. Dtsch. Z. gerichtl. Med. **27**, 111 (1936). — HOPPE, F.: Über die Einwirkung des Kohlenoxydgases auf das Hämatoglobulin. Virch.

Arch. 11, 288 (1857). — HOPPE-SEYLER, F.: Beiträge zur Kenntnis der Eigenschaften des Blutfarbstoffes. Z. physiol. Chem. 13, 477 (1889). — IM OBERSTEG, J., u. M. KANTER: Quantitative Kohlenoxydbestimmungen in Blutspuren. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 40, 283 (1951). — JONSSON, B.: Kolorimetrisk snabbbestämning av koloxidmättningsgraden i blod. Sv. Läkartidn. 1941, 496. — KOLLER, J.: Zur Methodik des spektroskopischen Kohlenoxydnachweises im Blut. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 21, 275 (1933). — KOWALSKI, F. R.: Beziehungen zwischen Kohlenoxyd-Konzentration, Hämoglobingehalt und Vergiftungskoeffizient bei der akuten CO-Vergiftung. Inaug.-Diss. Zürich 1947. — KRAULAND, W.: Die Pyrogallolprobe zum Nachweis von Kohlenoxyd im Blut und über das Bereiten von Kohlenoxydblut. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 34, 305 (1941). — LAGUNA, ST.: Zum Nachweis des Kohlenoxyds in exhumierten Leichen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 21, 512 (1933). — LAVES, W.: Über das Vorkommen und das Verhalten des Methämoglobins in der Leiche. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 12, 549 (1928). — LINDBERGER, B.: Gerichtschemische Studien und Fragen. Hygiea (Stockh.) 87, 258, 316 (1925). Ref. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 8, 475 (1926). — MARTIN, W.: Zit. nach LAGUNA. — MÖCKEL, S.: Spektrophotometrische Kohlenoxydhämoglobin-Bestimmungen. Inaug.-Diss. Erlangen 1954. — PAUL, D. G., u. K. A. WRETLIND: Eine stufenphotometrische Bestimmung von Kohlenoxydhämoglobin nach der modifizierten Methode von WOLFF. Sv. Läkartidn. 1942, 352. Ref. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 36, 452 (1942). — RAESTRUP, G.: Über Exhumierungen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 6, 42 (1926). — RANKE, O. F., u. SEYDEL: Stufenphotometrische Kohlenoxydbestimmung im Blutstropfen. Veröff. Heeressan.wes. H. 108, 200 (1939). Ref. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 33, 158 (1940). — REUTER, F.: Über den Nachweis von Kohlenoxydgas im Leichenblut. Vjschr. gerichtl. Med., III. F. 31, 240 (1906). — RIEKE, M.: Über den Nachweis von CO im Blut mit der Infrarotphotographie. Inaug.-Diss. Würzburg 1936. — RUSZNYAK, ST., u. E. B. HATZ: Maßanalytische Bestimmungen des Hämoglobins. Biochem. Z. 280, 242 (1935). — SEIFERT, P.: Der physiologische Kohlenoxydgehalt des Blutes. Zbl. Arbeitsmed. u. Arbeitsschutz 2, 75 (1952). — SEIFERT, P., u. L. SCHMIEDER: Zur Frage der quantitativen Kohlenoxydbestimmung im Blut. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 41, 435 (1952). — SCHMAUSER, H.: Untersuchungen über die Kohlenoxydhämoglobinbestimmung nach der Testfleckenmethode und über den Hämoglobingehalt des Leichenblutes. Inaug.-Diss. Erlangen 1954. — SCHMIDT, O.: Untersuchungen über Kohlenoxyd-Hämochromogene. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 27, 81 (1937). — SCHÖNBERG, H.: Kohlenoxydbestimmung in faulem Blut. Inaug.-Diss. Erlangen 1954. — SCHWERD, W.: Zur quantitativen Kohlenoxydbestimmung im Blut. Münch. med. Wschr. 1954, 1098. — STRASSMANN, G.: Beobachtungen bei Exhumierungen. Ärztl. Sachverst.ztg 1928, 241. — WAGNER, K.: Zum Nachweis geringer Kohlenoxydhämoglobinkonzentrationen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 35, 69 (1942). — WEHRLI, S.: Beitrag zur Kohlenoxydbestimmung im Blut. Arch. Gewerbepath. 5, 311 (1934). — WEIMANN, W.: Zum Nachweis des Kohlenoxyds in exhumierten Leichen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 17, 48 (1931). — WIETHOLD, F.: Zum Spätnachweis von Kohlenoxyd bei exhumierten Leichen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 14, 135 (1930). — WOLFF, E.: En enkel och känslig metod för pavisande a sma mängder koloxid i blod. Sv. Läkartidn. 1941, 492. — Ann. Méd. lég. etc. 27, 221 (1947). — Acta méd. lég. et soc. 1, Nr 2 (1948).

Dr. med. W. SCHWERD,

Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik der Universität Erlangen.