

(Aus dem Gerichtsärztlichen Institut der Universität Breslau.
Direktor: Prof. Dr. Karl Reuter.)

Zum Nachweis von Kohlenoxyd im Blut mit Natriumstannit.

Von
Priv.-Doz. Dr. Otto Schmidt.

Mit 3 Textabbildungen.

Die Untersuchungsergebnisse über die Verwendbarkeit von Natriumstannitlösung zum Kohlenoxydnachweis im Blut, über die *Koller*¹ in der Professor *Merkel* gewidmeten Abhandlung berichtet, bestätigen nicht in allen Punkten die seinerzeit² von mir gemachten Angaben. Bei einem Kohlenoxydgehalt unter 20% konnte *Koller* den Kohlenoxydvorschlagschatten nicht mehr einwandfrei feststellen. Bei 10proz. CO-Gehalt sah er nach Natriumstannitzusatz im Gegensatz zu meinen Beobachtungen sofort das reine Hämochromogenspektrum auftreten.

Diese interessanten Ausführungen gaben die Veranlassung, die Absorptionsverhältnisse an Kohlenoxydmischblutlösungen geringen CO-Gehaltes erneut zu studieren und die Ergebnisse, um sie der subjektiven Beurteilung möglichst zu entziehen, spektrographisch darzustellen.

Aus frisch entnommenem Blut der Armvene wurde mit destilliertem Wasser eine 2,5proz. Blutlösung hergestellt. In einen Teil der klar filtrierten Lösung wurde einige Stunden hindurch gereinigtes Kohlenoxydgas durchgeleitet, das aus Oxalsäure und heißer Schwefelsäure gewonnen wurde. Das Kohlenoxydblut wurde wiederum filtriert und erneut mit Kohlenoxyd gesättigt. Die Blutlösungen wurden in Büretten unter Ölverschluß überführt. Das gewünschte Mischungsverhältnis ließ sich auf diese Weise leicht und exakt herstellen. Die Blutlösungen wurden mit dem Zeiss'schen Gitterspektographen (1500 Strich auf englischem Zoll) in 10 mm-Cuvetten aufgenommen (Beleuchtung: Quarzfensterwendellampe in 1 m Entfernung vom Spalt, Spaltbreite 0,05 mm, Expositionszeit der Kohlenoxyd- und Oxyhämoglobinlösung 2 Minuten, der reduzierten Blutlösungen je 1 Minute, panchromatische Perutzplatte). Zu 5 ccm Mischblut wurden 5 kleinste Tropfen einer frisch hergestellten Natriumstannitlösung zugefügt. (Einige Kräställchen Zinchlorür, mit wenig Wasser aufgenommen, wurden bis zur klaren Lösung mit 10proz. Natronlauge versetzt.) Nach 5 Minuten Reduktionsdauer erfolgte die Aufnahme.

Die Kopie (Abb. 1) zeigt oben und unten Wellenlängenskala und Quecksilber- und Heliumlichtbogen. Es sind aufgenommen: reines Kohlenoxydblut, reines Sauerstoffblut, das aus der gleichen Lösung mit Natriumstannit dargestellte Hämochromogen, reduziertes Mischblut von 25-, 20-, 15-, 10- und 5 proz. Kohlenoxydgehalt. Es folgt darauf die Wiederholung der Aufnahme des reinen Hämochromogens. Die Konturen der

¹ Dtsch. Z. gerichtl. Med. **21**, 275. — ² Dtsch. Z. gerichtl. Med. **19**, 516.

1. Hämochromogenstreifen sind auf der Kopie durch einen schmalen Strich miteinander verbunden. Die rotwärts gelagerten Verdunkelungen sind dem ersten Kohlenoxydschatten zuzuschreiben. Bei 25 proz. Kohlenoxydgehalt ist dieser Vorschlagschatten am deutlichsten. Er nimmt entsprechend dem fallenden CO-Gehalt der Mischung an Intensität ab. Bei 10 proz. CO-Gehalt verschattet er auf der Kopie noch deutlich im Bezirke der Wellenlängen λ 573—568, aber auch noch bei 5 % CO gibt die Platte vor dem Hämochromogen eine matte Aufhellung wieder. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, daß eine objektive, spektrophotographisch erfaßbare Lichtabschwächung im Be-

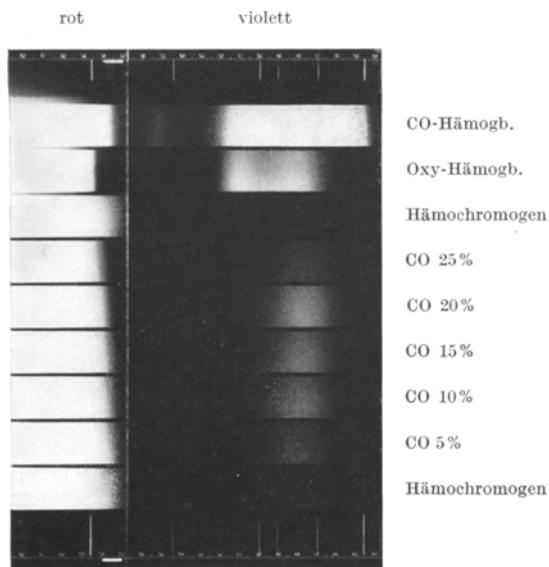


Abb. 1.

reiche des ersten Kohlenoxydschattens selbst noch bei einem unter 20 % liegenden Kohlenoxydgehalt des Mischblutes gegeben ist.

Die Ergebnisse dieser Versuchsbedingungen lassen sich naturgemäß nicht ohne weiteres mit dem spektroskopischen Bilde eines gradsichtigen Handspektroskopes gleichsetzen. Sowohl die Optik als auch die Art der Wahrnehmung der Lichtabschwächung sind andere. Wenn auch der helle Teil des Spektrums, in dem der erste Kohlenoxydschatten liegt, für die Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden ganz besonders geeignet ist, so entgehen selbst hier dem menschlichen Auge Helligkeitsdifferenzen geringerer Art. Die Unterscheidungsempfindlichkeit für Lichtstärken beginnt bei etwa $1/80$ Intensitätsdifferenz¹.

¹ Karl Vierordt, Die Anwendung des Spektralapparates zur Photometrie der Absorptionsspektren. 1873, 32.

Das Maß der Empfindungswerte folgt bekanntlich der logarithmischen Reihe¹.

Man muß, will man den ersten Kohlenoxydschatten neben dem Hämochromogenstreifen spektroskopisch deutlich sichtbar machen, durch geeignete Versuchsbedingungen die Kohlenoxydverschattung bis zu einem Grade steigern, bei dem der Schwellenwert der Wahrnehmbarkeit deutlich überschritten wird. Der Vorschlagschatten ist eine additive Größe. Er ist die Summe der Absorption des Hämochromogens, dessen Extinktionskonstante in diesem Spektralbereich minimal ist, und der Absorption des Kohlenoxyds, dessen Extinktion hier ihr Maximum aufweist. Der Umfang jeder einzelnen Lichtauslöschnung wiederum ist das Produkt dieser genannten Konstanten, der Konzentration und Schichtdicke der absorbierenden Lösung. Durch Veränderung der Schicht oder Konzentration der Mischblutlösung läßt sich demnach die auf das Kohlenoxydblut entfallende Absorptionsgröße in gewünschtem Sinne steigern. Diese Gesichtspunkte dürften von *Koller* bei seinen Versuchen vielleicht nicht in genügendem Maße in Rechnung gestellt sein. Er hat, um den Vorschlagschatten bei minimalem Kohlenoxydgehalt noch zu erkennen, seine Versuchsbedingungen offenbar bei zu geringem Absorptionsvermögen des Mischblutes ausgeführt.

Wir haben uns erneut davon überzeugt, daß die durch das Gitter wiedergegebenen Verschattungen der Abb. 1 auch bei spektroskopischer Betrachtung mit gradsichtigem Handspektroskop erkennbar waren. Zur Untersuchung eignet sich insbesondere eine Ausgangslösung von 3—3,5% Blutgehalt bei 10 mm Schicht. Bei der Betrachtung mit einem gradsichtigen Handspektroskop ist diese Blutlösung bei heller Beleuchtung und nicht zu engem Spalt noch eben erkennbar zweistreifig. Eine Verdunkelung im Absorptionsbereich des ersten Kohlenoxydschattens tritt bei reinem Hämochromogen erst bei sehr starker allgemeiner Lichtauslöschnung ein. Die Extinktionskurve des Hämochromogens verläuft im Gelbgrün ziemlich horizontal und zeigt etwa erst bei λ 568 den Beginn des steilen charakteristischen Anstiegs zum ersten Schatten, dessen höchster Punkt je nach der Art der Darstellung bei λ 555,8 erreicht wird².

Die Absorptionsverhältnisse einer 5 proz. Mischblutlösung mit 5% Kohlenoxydgehalt aus 10 mm Schichtdicke mag Abb. 2 veranschaulichen. Die Aufnahme ist, um die optischen Brechungsverhältnisse denen des gradsichtigen Handspektroskops möglichst anzugeleichen, mittels eines gleichseitigen Glasprismas aufgenommen worden. Die Quecksilber- und Heliumlinien sind angegeben (Beleuchtungsvorrichtung wie oben,

¹ *S. Fechner*, Elemente der Psychophysik. Leipzig 1860. — ² *Anna Dénes*, Über die Lichtabsorption des Globinhämochromogen und über seine Verwendbarkeit zur Bestimmung des Farbstoffgehaltes des Blutes. Biochem. Z. 255, 378 (1932).

10 mm Cuvette, 0,01 mm Spaltbreite, Expositionszeit 20 Sekunden). Zu 5 ccm Blutlösung wurden 10 kleinste Tropfen Natriumstannitlösung zugefügt. Die Aufnahme erfolgte nach 5 Minuten Reduktionsdauer. Es sind dargestellt: reines Kohlenoxydblut, Hämochromogen aus kohlenoxydfreiem Sauerstoffblut, 5% kohlenoxydhaltiges Mischblut und Hämochromogen. Die Lichtauslöschung ist eine fast allgemeine. Beim Kohlenoxydblut sind lediglich die Bezirke rotwärts der Heliumlinie (λ 587,6) geschwärzt. Die Hämochromogenschatten liegen entsprechend violettwärts. Die Absorption im Bereich des ersten Kohlenoxydschattens ist bei dem 5 proz. kohlenoxydhaltigen Mischblut im Vergleich zu den beiden kohlenoxydfreien Hämochromogenstreifen der

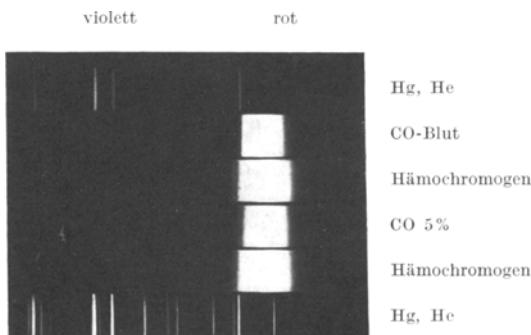


Abb. 2.

Aufnahmen 2 und 4 deutlich. Der Vorschlagschatten löscht die Bezirke des Gelbgrün fast völlig aus.

Handelt es sich um die Untersuchung von Mischblutlösungen mittleren Kohlenoxydgehaltes, ist die Lösung entsprechend dem Vorgehen vom *Koller* soweit zu verdünnen, daß ein für unser Auge deutliches Spektralbild erscheint. Bei einiger spektroskopischer Übung ist man in der Lage, aus der Verschiedenheit der Verdunkelung des ersten Hämochromogen- und ersten Kohlenoxydschattens einen gewissen Anhalt auf das vorliegende Mischungsverhältnis der beiden Blutfarbstoffe zu gewinnen. Die von *Koller* angegebene Tabelle dürfte nach dieser Richtung hin zu ergänzen sein.

Die bei dem verschiedenen Mischungsverhältnis sich ergebenden Spektralbilder sind aus Abb. 3 ersichtlich. Die Aufnahmen sind, um die Spektralbilder dem spektroskopischen Bilde eines geradsichtigen Handspektroskops möglichst anzugeleichen, mit gleichseitigem Glasprisma an einer 2 proz. Blutlösung von 10 mm Schicht aufgenommen worden (Beleuchtungsapparat wie oben, Spaltbreite 0,01 mm, Expositionszeit 15 Sekunden, zu 5 ccm Lösung 5 Tropfen Natriumstannit, Aufnahme nach 5 Minuten Reduktionsdauer, panchromatische Perutz-

platte). Bei reinem Kohlenoxydblut bleiben die Absorptionsstreifen unverändert. Bei 80—70 proz. CO-Gehalt erscheinen die Schatten bei spektroskopischer Betrachtung im Vergleich zur Ausgangslösung bereits weniger scharf konturiert. Sie sind verwaschen und wirken matter. Bei 60% Co-haltigem Mischblut ist der erste Absorptionsstreifen asymmetrisch. Der stärkere Teil der Verschattung liegt rotwärts und entspricht dem ersten Kohlenoxydschatten. Bei 50 proz. Mischblut sind Hämochromogen- und Kohlenoxydschatten intensitätsgleich. Es findet sich ein zweistreifiges Spektrum mit einem auffallend breiten ersten Schatten, der sich aus Hämochromogen- und Kohlenoxydblutabsorption zusammensetzt. Im Vergleich zur Ausgangslösung erscheint der erste Schatten allgemein aufgehellt. Erst bei einem Kohlenoxydgehalt unter 50% wird der Hämochromogenstreifen sichtbar. Bei 40 proz. CO-Gehalt ist der erste Streifen wiederum asymmetrisch. Die stärkere Verschattung liegt violettwärts. Sie entspricht der Lage des Hämochromogen. Die Asymmetrie wächst mit fallendem CO-Gehalt. Bei 30—20 proz. CO-Gehalt lassen sich Kohlenoxyd- und Hämochromogenstreifen deutlich voneinander trennen. Der Kohlenoxydschatten erscheint als Vorschlagschatten. Bei unter 20% Kohlenoxydgehalt müssen Ausgangslösung und Vergleichsblut in der Konzentration möglichst gleich und in der Stärke gewählt werden, daß die Lösungen bei guter Beleuchtung und nicht zu engem Spalt noch eben erkennbar zweistreifig erscheinen. Die Verschattung im Gelbgrün ist auch bei diesem Mischungsverhältnis noch erkennbar.

Von dieser einfachen Untersuchungsmethode, die sich an der Leiche sehr schnell und einfach durchführen läßt, sind naturgemäß irgendwie exakte Feststellungen des vorliegenden Kohlenoxydanteils eines Mischblutes nicht zu erwarten. Jedoch läßt sich auf diese Weise leicht die Frage beantworten, ob das untersuchte Blut zu mehr oder weniger als die Hälfte mit Kohlenoxyd gesättigt ist. Eine weitere Abschätzung des Kohlenoxydgehaltes setzt gewisse Übung und Erfahrung voraus, wird aber auch dann nur zu angenäherten Ergebnissen führen.

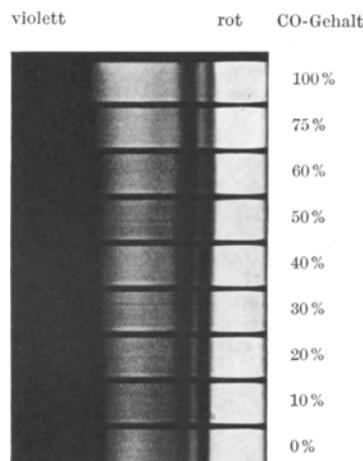


Abb. 3.