

(Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Tartu [Dorpat], Estland.
Vorstand: Dozent Dr. G. Rooks.)

Untersuchungen über leicht abspaltbares Bluteisen und seine Bedeutung zum Nachweis von Kohlenoxydvergiftungen.

Von
Gerhard Rooks.

Als „leicht abspaltbares“ Bluteisen bezeichnet man nach *Barkan* den Teil des Bluteisens, den man durch Einwirkung von schwachen Säuren auf verdünnte Blutlösungen bei Brutschranktemperatur in Ionenform überbringen kann.

Was die Natur dieses Eisens anbetrifft, so waren die Anschauungen hier geteilt. *Lintzel* vertritt den Standpunkt, daß leicht abspaltbares Bluteisen Hämoglobineisen sei, wovon bei Einwirkung schwacher Säure ein kleiner Teil in ionisierter Form abgegeben wird. Nach *Starkensteins* Auffassung sollte es sich um anorganisches Eisen handeln. *Barkan*^{1, 2} auf Grund seiner vielseitigen Untersuchungen, besonders den zuletzt vorgenommenen Tonerdeabsorptionsversuchen, will aber bestätigt haben, daß leicht abspaltbares Bluteisen sowohl vom Hämoglobineisen wie vom anorganischen Eisen abzutrennen sei; es ist nicht mit diesen identisch.

Das leicht abspaltbare Bluteisen macht einen geringen Teil des gesamten Bluteisens aus (im Rinderblut 5—6%). Es findet sich nicht nur in den Blutkörperchen, sondern auch im Plasma und im Serum.

Bei Versuchen, Normalwerte für leicht abspaltbares Bluteisen festzustellen, bemerkten *Barkan* und *Berger*³, daß der niedrigste Wert des Eisens nämlich da getroffen wurde, wo man mit einer „übrigens bereits abgeklungenen“ Leuchtgasvergiftung zu tun hatte. Die weiter vorgenommenen Untersuchungen mit CO-Blut (in vitro und in vivo) zeigten, daß die Abspaltung des Eisens unter CO-Wirkung gehemmt wird. Wenn Blutlösungen mit CO gesättigt wurden, wurde der Normalwert des frei abspaltbaren Eisens um etwa durchschnittlich 65% herabgesetzt. Die übrigen 35% des Eisens waren durch Kohlenoxydeinwirkung nicht hemmbar, weshalb *Barkan* und *Berger* der Auffassung zuneigen, daß das leicht abspaltbare Eisen nicht einheitlich zusammengesetzt ist.

Die Verbindung des Kohlenoxyds mit dem frei abspaltbaren Eisen ist nach den genannten Autoren ebenso reversibel, wie die Kohlenoxyd-Hämoglobin-Verbindung, doch die Affinität des Kohlenoxyds zum leicht abspaltbaren Eisen ist eine 4—10 mal größere als die zum Hämoglobin. Diese Tatsache ist von besonderer Wichtigkeit. Es macht nämlich die Hemmung der Eisenabspaltung bei einer CO-Vergiftung sich

dadurch früher merkbar, als der CO-Hb.-Nachweis und in der Rekonvaleszenzzeit später, noch nachdem als das CO-Hb. sich schon zu O-Hb. umgewandelt hat. Schon leichteste Grade der CO-Vergiftung, bei denen CO-Hb. spektroskopisch nicht feststellbar ist, bewirken bereits deutlich nachweisbare Hemmung der Fe-Abspaltung. So konstatierten *Barkan* und *Berger* in einem Versuch an einem Kaninchen, das 1 Stunde lang Luft, der sehr geringe Mengen Leuchtgas beigemischt waren, bekommen hatte, eine starke Dyspnoe. Das Blut war hier spektroskopisch CO-Hb. negativ; die Hemmung der Fe-Abspaltung betrug aber schon 20%. Auf der Höhe der Vergiftung entnommene Blutproben, wo (spektroskopisch geschätzt) über 50% Co-Hb. vorlag, wurde eine Hemmung der Eisenabspaltung um 60—70% beobachtet. Bereits 1 oder 2 Tage nach der Vergiftung findet man im Blut weder spektroskopisch noch mittels der Tanninprobe Anhaltspunkte für das Vorhandensein von CO-Hb. Die Fe-Werte findet man um diese Zeit, ja sogar noch 7 Tage später, wie mehrere Versuche zeigen, deutlich erniedrigt. In Blutlösungen nach CO-Sättigung *in vitro* wurde im Mittel eine Hemmung von 63,4% beobachtet.

Durchlüften des CO-Blutes hebt die Hemmung wieder auf. Die Versuche von *Barkan* und *Berger* zeigen aber, daß kurzdauerndes Durchlüften hinsichtlich der Hemmungsaufhebung vollständig wirkungslos ist. Tagelanges Durchlüften bewirkt partielle Rückkehr der Eisenabspaltbarkeit; doch ist zu einem Augenblick, wo weder spektroskopisch noch chemisch (Tanninprobe) der qualitative CO-Hb.-Nachweis gelang, die Hemmung der Fe-Abspaltung noch sehr deutlich.

Schwarz und *Deckert*⁴ haben systematische Untersuchungen über das abspaltbare Bluteisen bei einer größeren Zahl akuter Kohlenoxydvergiftungen bei Menschen unternommen, insbesondere auch zur Lösung der Frage, wie lange nach einer akuten Kohlenoxydvergiftung beim Menschen das abspaltbare Bluteisen gegenüber dem Durchschnittsnormalwert herabgesetzt ist. In ihrer ersten Mitteilung haben sie Untersuchungsergebnisse von 50 Vergiftungsfällen mitgeteilt, denen sie im Nachtrage noch 30 Fälle hinzufügen. Der Grad der Schwere der Vergiftungen war verschieden. Bei einer überwiegenden Mehrzahl der Fälle wurde eine mehr oder weniger starke Herabsetzung des Gehaltes an leicht abspaltbarem Bluteisen festgestellt. In einigen Fällen waren die Eisenwerte 4,2 mg/l. Die späteren Nachuntersuchungen zeigten hier Normalwerte 16,8 mg/l, es lag somit eine Hemmung von 75% vor. In 2 Fällen waren die Werte bei Vergifteten sogar noch niedriger — 2,1 und 2,8 mg/l. Diese Hemmung zeigte aber nicht gerade ein Parallelgehen mit der Schwere der Vergiftung, denn bei Schwervergifteten sah man auch geringere Hemmungen, 60 und selbst unter 50%, andererseits in leichteren Fällen stärkere Hemmungen, während in einigen

Fällen Abweichungen von Normalwerten überhaupt nur gering waren. *Schwarz* und *Deckert* halten für möglich, daß diese Unregelmäßigkeit aber auch dadurch bedingt sein kann, daß die verstrichene Zeitdauer zwischen Blutprobenentnahme und Ende der Kohlenoxydeinatmung recht verschieden war, und daß auch die Sauerstoffbehandlung hier seinen Einfluß auswirken konnte. Leider fehlen Angaben über spektroskopische oder chemische CO-Hb.-Untersuchungen, die bei der Lösung dieser Frage eine Mithilfe zeigen könnten. Der Anstieg des Eisens zum Normalgehalt ist verschieden schnell erfolgt: innerhalb von 4 bis 8 Tagen, manchmal eher, manchmal später. *Schwarz* und *Deckert* äußern sich dafür, daß die Tatsache der von *Barkan* und *Berger* beobachteten Hemmung der Eisenabspaltung durch Kohlenoxydwirkung einen wesentlichen Fortschritt in der Erkenntnis der Kohlenoxydvergiftung bedeute. Wenn auch hier nicht zweifelhafte Befunde ausbleiben, so wird man doch in der weit überwiegenden Mehrzahl auch bei leichteren CO-Vergiftungen alsbald und sogar noch einige Tage nach der CO-Einwirkung eine Hemmung des leicht abspaltbaren Eisens feststellen können.

Als Voraussetzung für die Bewertigung dieser Methode für CO-Vergiftungsdiagnose gilt eine genauere Kenntnis der Normalwerte des leicht abspaltbaren Eisens. Einige bisherigen Untersuchungen deuten darauf hin, daß die Normalwerte für leicht abspaltbares Bluteisen nicht überall und unter allen Umständen dieselben sind.

Schwarz und *Deckert* fanden in Hamburg bei 11 Personen (Nichtraucher und Personen, die nur wenig oder gelegentlich rauchen) als Mittelwert 14,7 mg Fe/l, wobei der niedrigste Wert 12,6, der höchste 16,8 mg Fe/l war. Bei einigen starken Rauchern waren die Werte niedriger: 11,2. In Frankfurt a. M. beträgt der Mittelwert von 22 Personen nach *Olesk* 14,2 mg/l. (Es handelte sich hier um ein gemischtes klinisches Material, unter Ausschluß von Blutkrankheiten und CO-Vergiftungen, das von *Barkan* untersucht wurde.) *Olesk*⁵ untersuchte die entsprechenden Verhältnisse zu Tartu in Estland. Fälle, wo Hämoglobin- und Hämatokritwerte abnorme Zahlen zeigten, blieben bei der Zusammenstellung für Fe-Werte unberücksichtigt. (Um Möglichkeiten für Kontrollen bei entsprechenden Abweichungen zu geben, wäre es nicht ohne Wert, auch solche abnorme Werte für sich anzugeben.) Die Resultate von *Olesk* zeigen, daß die Eisenwerte für Tartu höher sind, als die vorher für Deutschland angegebenen. Nichtrauchter Frauen zeigten Werte 18,8 mg Fe/l, Nichtraucher Männer 19,6 mg Fe/l. Worauf diese Differenzen basieren, wieweit hier konstitutionelle oder Umweltfaktoren von Bedeutung sind, wird offen gelassen. Was Raucher anbetrifft, so hat auch *Olesk* bei diesen niedrigere Werte gefunden als bei Nichtrauchern. Die Werte können aber Schwankungen zeigen, je

nachdem, ob das Blut nach ununterbrochenem Rauchen (abends), oder morgens nach dem Schlaf untersucht wird.

Da Kohlenoxydvergiftungen auch in gerichtsmedizinischer Praxis eine nicht geringe Rolle spielen, interessierte die Bedeutung des leicht abspaltbaren Eisens hier auch uns. Um eigene Erfahrungen zu sammeln, wurden zuerst von uns einige Nachprüfungen der geschilderten Ergebnisse vorgenommen. Nebst dem versuchten wir aber besonders auch die entsprechenden Verhältnisse an Leichen zu klären, wieweit das Verfahren für Bestimmung des leicht abspaltbaren Bluteisens sich hier anwenden läßt, wie verhalten sich hier die Eisenwerte zu denen im Frischblute und ob die Eisenuntersuchungen auch bei tödlichen CO-Vergiftungen einen diagnostischen Beweiswert haben.

Was die Methodik der Bestimmung des leicht abspaltbaren Eisens anbetrifft, so ist sie genau von *Barkan*^{6, 7} beschrieben worden. Wir erlauben uns hier eine kurze Zusammenfassung von diesen Arbeiten, wobei Einzelheiten in Originalarbeiten nachzuschlagen sind.

Die Bestimmung des leicht abspaltbaren Bluteisens, wie sie von *Barkan* beschrieben wird, erfolgt auf colorimetrische Weise, im Ultrafiltrat, das nach etwa 24 stündigem Einwirkenlassen von 0,4 proz. Salzsäure auf Blutlösungen bei Brutschranktemperatur erworben ist. Zur Untersuchung verwendet man defibriniertes Blut 2—5 ccm, das vor dem Ansatz durch wenig Glaswolle filtriert wird und danach durch Zugabe von Aq. dest. bis zum 5fachen Volumen hämolyisiert. Demnach wird die Blutlösung mit gleichen Teilen 0,8 proz. Salzsäure versetzt. Dieser Ansatz kommt dann unter Stopfenverschluß für etwa 24 Stunden in den Brutschrank.

Um das Eisen aus der Blutlösung frei von Eiweiß, Kolloiden und Blutfarbstoffresten zu erhalten, werden die Lösungen (Ansätze) demnächst ultrafiltriert. Die Ultrafiltration erfolgt in Ultrafiltriergeräten nach dem Verfahren von *Bechhold* und *Gutlohn*. Die Geräte bestehen aus einer porösen feuerfesten keramischen Masse, und sind außen teilweise glasiert. Am geeignetesten ist die Größe der Ultrafiltertiegel Nr. 3 mit einem Gesamtvermögen von etwa 50 ccm. Die neuen Tiegel müssen anfangs durch Liegenlassen in konzentrierter Salzsäure vollständig eisenfrei gemacht werden, danach getrocknet und durchglüht. Dem folgt die Präparation der Ultrafiltriermembranen, die aus der Eisessig-Kollodium-Lösung hergestellt werden. Die Membranen bedecken die ganze Innenwand des Tiegel. Sind die Geräte so fertiggestellt, dann geht man zur Ultrafiltration. Die Ultrafiltergeräte werden zuerst mit 0,4 proz. Salzsäure an Wasserstrahlluftpumpe durchsaugt, bis keine Spur mehr von Eisen vorhanden ist. (Das aufgefangene Filtrat darf auch nach Oxydation keine Spur einer Rhodanidreaktion geben.) Dann kommt die Ultrafiltration der Blutlösung (auch an der Wasserstrahlluftpumpe), wobei eine Rührvorrichtung dafür sorgen muß, daß der am Boden des Tiegels sich eindickende Rückstand den Fortgang der Ultrafiltration nicht beeinträchtigt. Gut hergestellte Kollodiummembranen halten sich für eine längere Reihe von Ultrafiltrationen; sie dürfen aber nicht eintrocknen. Imprägnierte Tiegel müssen bei Nichtbenutzung unter Wasser gehalten werden und dürfen auch niemals leer gesaugt werden.

Die Eisenbestimmung in Ultrafiltraten folgt, wie gesagt, auf colorimetrische Weise. Die Filtrate sind gewöhnlich ganz klar, farblos. In den sauren Ultrafiltraten finden sich nebeneinander Ferro- und Ferri-Ionen. Das gesamte ionisierte Eisen

— leicht abspaltbares Eisen — kann ziemlich einfach nach der von *Barkan* modifizierten Methode *Lachs* und *Friedenthal* geschehen. Das Prinzip der Methode besteht in der Erzeugung der Eisenrhodanidfarbe, Extraktion mit Äther und Einordnung der Ätherfarbe in eine abgestufte Testreihe mit bekanntem Ferri-Ionengehalt. Zum Zweck der Oxydation der vorhandenen Ferro-Ionen in dem Ultrafiltrat wird bei der genannten Modifikation *Barkans* ein künstlich hergestellter „Peroxydäther“ verwendet.

Erforderliche Reagenzien hier sind: 1. 0,4 proz. Salzsäure, 2. 10 proz. Kaliumrhodanidlösung und 3. Eisenstandardlösungen a) HCl 0,4 proz., Fe $1 \cdot 10^{-6}$ Mol/ccm, b) HCl 0,4 proz., Fe $1 \cdot 10^{-7}$ Mol/ccm. Zur Herstellung von Lösung a werden 0,4882 g Ferriammoniumsulfat pro analysi in 1 l 0,4 proz. Salzsäure gelöst. (Die Lösung a dient als Vorratslösung, woraus die Lösung b zum Gebrauch angefertigt wird.) (Die Eisenstandardlösungen für unsere Untersuchungen haben wir von Herrn Prof. *Barkan* aus dem Pharmakol. Institut der Universität freundlich zur Verfügung bekommen*.) 4. Braucht man Peroxydäther. 1 ccm 0,03 proz. H_2O_2 -Lösung wird im Schütteltrichter mit 50 ccm Äther gründlich durchgeschüttelt. (Nach unseren Erfahrungen wäre es hier empfehlenswert reinsten Narkoseäther zu verwenden.) Der von der wässerigen Phase abgetrennte Äther ist der Peroxydäther.

Zur Herstellung der Vergleichsreihe werden in entsprechenden Reagensgläschen abgestufte Mengen der Eisenlösung b eingeschüttet (0,4; 0,35; 0,3 . . . 0,1; $0,05 \cdot 10^{-7}$ Mol/ccm). Mit 0,4 proz. Salzsäure ergänzt man dann die Lösung in jedem Gläschen bis auf 1 ccm. Von den Ultrafiltraten nimmt man je 1 ccm in entsprechende Gläschen. Nachdem fügt man in alle Gläschen 1 ccm 10 proz. Rhodankaliumlösung und 1 ccm Peroxydäther hinzu. Alle Gläschen werden ein paarmal umgeschüttelt, der Stopfen gelüftet und geschlossen. Nach 2 Minuten wird jedes Röhrchen 10 mal umgeschüttelt. Die Ätherfarbe der Filtrate wird nachdem mit der Testreihe verglichen und so die Menge des Eisens bestimmt. Bei Übung können die Werte recht genau geschätzt werden.

Untersuchungen am Frischblut. Zur Orientierung in der Methode untersuchten wir anfangs Rinderblut. Demnächst untersuchten wir frisches Menschenblut, um eigene Erfahrungen über Normalwerte des Eisens zu erhalten. Die Tab. 1 zeigt uns die Untersuchungsergebnisse von 30 Frauen.

Die untersuchten Personen sind Patienten der Universitätsfrauenklinik. Es handelt sich meistens um Patienten mit leichteren gynäkologischen Beschwerden, nebst dem auch einige Schwangerschaftsfälle wie Aborte. 3 Personen sind gesund. Nur einige Personen zeigen schwerere Beschwerden, wie Uteruscarcinom.

Olesk, wie gesagt, hat unter 10 Frauenpersonen in Tartu einen Mittelwert des Eisens von 18,8 mg/l bekommen, wobei der Höchstwert 22,3 und der Minimalwert 13,9 betrug. Es handelte sich scheinbar um ganz gesunde Personen. Unsere Untersuchungen geben als Mittelwert für

* Herrn Kollegen Prof. *Barkan* spreche ich hier meinen Dank aus für die freundliche Übergabe seiner Sonderdrucke in dieser Frage und Überlassen einiger notwendiger Utensilien im Anfang der Arbeit; ihm und seiner technischen Assistentin Frau *H. Schnee* spreche ich meinen Dank aus auch für Ratschläge in der Methodik. Gleichzeitig sei gedankt den Herren Direktoren der Kliniken, die das klinische Material zugänglich machten.

Tabelle 1. Werte des leicht abspaltbaren Eisens im Frischblut bei Frauen.

Nummer	Fe mg/l Blut	Hämoglobin %	Alter (Jahre)	Bemerkungen
1	21,0	89	46	Climax. Metrorrhagia
2	21,0	73	28	Nihil
3	20,3	67	23	Cystitis chronica
4	20,3	70	30	Adnexitis sinistra
5	19,6	66	28	Abortus spontaneus
6	18,9	50	20	Adnexitis dextra
7	18,9	59	69	Cystoma ovarii
8	18,9	65	25	Adnexitis chronica
9	18,9	65	27	Ulcus cruris
10	18,9	86	23	Graviditas
11	18,9	68	39	Amenorrhoea
12	18,2	76	52	Prolapsus uteri
13	18,2	73	35	Sterilitas
14	18,2	67	34	Abortus incompletus
15	18,2	76	35	Nihil
16	18,2	98	41	Myoma uteri
17	18,2	60	32	Adnexitis bilateralis
18	17,5	78	56	Polypus uteri
19	17,5	65	62	Prolapsus uteri
20	17,5	90	49	Carcinoma port. uteri
21	17,5	90	40	Graviditas
22	17,5	65	19	Adnexitis bilateralis
23	16,8	98	22	Amenorrhoea
24	16,8	73	28	Nihil
25	16,8	85	17	Aplasia vaginae
26	16,8	80	28	Myoma uteri. Graviditas
27	16,1	75	29	Retroversio uteri
28	16,1	54	41	Endometritis
29	16,1	75	52	Climax. Metrorrhagia
30	13,3	64	53	Carcinoma uteri

Fe: Max. 21,0 mg/l; Min. 13,3 mg/l; Mittelwert 18,0 mg/l.

Hb.: Max. 98%; Min. 50%; Mittel 72,3%.

leicht abspaltbares Eisen hier 18 mg/l, einen Höchstwert von 21,0 mg/l und einen Minimalwert von 13,3 mg/l. Wir sehen also, daß unsere Ergebnisse ein wenig niedrigere Resultate zeigen. Der Mittelwert des Hämoglobins (nach *Sahli*) in unseren Fällen war 72,3%, der Höchstwert 98% und der Minimalwert 50%. Die Werte für Hämoglobin sind bei *Olesk* nicht angegeben, wir können diese deswegen nicht vergleichen. Möglicherweise sind bei uns die kranken Personen ein wenig anämischer gewesen, besonders auch wo bei *Olesk* Fälle, „wo sich abnorme Zahlen der Hämoglobinwerte ergaben, die dazugehörigen Fe-Werte unberücksichtigt blieben“. Im allgemeinen zeigen die von uns untersuchten Personen mit leichteren gynäkologischen Beschwerden aber

nur geringe Abweichungen. Merkenswert ist, daß der niedrigste Eisenwert gerade bei einer Carcinomkranken beobachtet wurde (13,3 mg/l), auch zeigt niedrige Werte eine andere Carcinomkranke (17,5 mg/l). Unter niedrigeren Werten werden noch Geschwülste beobachtet, wie Myome, Polypus uteri. Andere hier beobachtete gynäkologische Erkrankungen zeigen nicht besondere Abweichungen vom Normalen, man kann unter diesen so höhere wie niedrigere Eisenwerte treffen. Läßt man die Fälle mit einigen schwereren Erkrankungen aus, so weichen unsere Angaben von den Befunden *Olesk* bei Gesunden nicht ab; wir könnten mit einem Mittelwert des Eisens von etwa 18,5 rechnen (auch die 3 gesunden Personen geben einen Mittelwert von 18,6 mg/l). Betrachtet man noch die Einzelwerte, so sehen wir, daß Werte 18,9, 18,2, 17,5 am öftesten vorkommen. Alter und Hämoglobinwerte beeinflussen

Tabelle 2. Werte des leicht abspaltbaren Eisens im Frischblut bei Männern.

Nr.	Fe/mg Blut	Hämoglobin %	Alter (Jahre)	Angaben über Rauchen	Bemerkungen
1	21,7	90	54	Starkraucher	—
2	17,5	75	26	„	—
3	17,5	75	31	„	—
4	17,5	77	30	„	—
5	16,8	85	24	„	—
6	16,1	78	43	„	—
7	14,0	93	46	„	—
8	13,3	75	30	„	—
9	22,4	96	37	Nicht- u. Mäßigrauch.	—
10	22,4	86	54	„ „ „	—
11	22,4	74	56	„ „ „	—
12	21,7	83	35	„ „ „	—
13	21,0	70	42	„ „ „	—
14	21,0	89	55	„ „ „	—
15	20,3	89	24	„ „ „	—
16	19,6	82	38	„ „ „	—
17	18,9	80	40	„ „ „	—
18	18,9	98	23	„ „ „	—
19	18,9	82	23	„ „ „	—
20	18,9	80	32	„ „ „	—
21	17,5	79	20	„ „ „	Meningitis tbc.
22	17,5	88	32	„ „ „	—
23	15,4	85	28	„ „ „	—
24	13,3	77	33	„ „ „	—
25	19,6	90	34	?	Veronalvergiftung
26	19,6	90	33	?	Denaturatvergiftung
27	19,6	92	24	?	—
28	18,9	83	24	?	—
29	14,7	79	29	?	—

Fe: Max. 22,4 mg/l; Min. 13,3 mg/l; Mittel 18,5 mg/l.

Hb.: Max. 98%; Min. 70%; Mittel 83%.

den Eisengehalt unter unseren Fällen (wo die Werte für Hämoglobin in normalen Grenzen liegen) nicht. Alle hier beobachteten Personen können als Nichtraucher bezeichnet werden.

In der Tab. 2 sind die Eisenwerte im Frischblute bei Männern angebracht.

Die untersuchten Personen hier sind meistens Patienten der Universitätsnervenklinik und der II. medizinischen Universitätsklinik. Größtenteils handelte es sich um ambulatorische Kranke, schwer krank waren nur einige Personen. 3 Personen gesund. Die Fälle sind auch hier, wie in der vorigen Tabelle, nach abnehmenden Eisenwerten dargebracht; außerdem sind sie auf Grund des Rauchens klassifiziert. Man sieht die Unterschiede in Werten bei Nicht- und Mäßigrauchern und Starkrauchern. (Zu mäßigen gehören meistens Personen, die täglich nur einzelne Papirosse geraucht haben; nur einige rauchten 10—15 Stück. Starke Raucher rauchten meistens 20—30 Papirosse täglich, wenigstens aber über 15.) Die Tab. 3 gibt uns einen Überblick (nach den Fällen aus Tab. 2) über das Verhältnis der Eisenwerte im Zusammenhang mit dem Rauchen.

Tabelle 3. Werte des leicht abspaltbaren Bluteisens im Zusammenhange mit dem Rauchen.

Nr.	Untersuchte Personen	Zahl der Unter-suchungen	Fe mg/l Blut			Hämoglobin		
			Max.	Min.	Mittel	Max. %	Min. %	Mittel %
1	Nicht- u. Mäßigrauch.	16	22,4	13,3	19,4	—	—	—
2	Starkraucher . . .	8	21,7	13,3	16,8	—	—	—
3	Angaben fehlen (ge-mischt)	5	19,6	14,7	18,5	—	—	—
4	Männer insgesamt (1 + 2 + 3) . . .	29	22,4	13,3	18,5	98,0	70,0	83,0
5	Frauen nach Tab. 1	30	21,0	13,3	18,0	98,0	50,0	72,3

Die Werte für Hämoglobin sind bei Männern höher als bei Frauen. Auch sind die Eisenwerte bei Männern höher. Der Mittelwert bei Männern insgesamt war 18,5 mg/l. Die Mittelwerte bei Männern und Frauen stimmen gut überein mit den Befunden von *Olesk*. Auch sehen wir in unseren Fällen, daß Nicht- und Mäßigraucher höhere Eisenwerte zeigen als Starkraucher, wie das auch *Schwarz* und *Deckert*, ebenso *Olesk* gefunden haben. *Olesk* findet bei Nichtraucher-Männern Eisenwerte 19,6 mg/l, bei mäßigen 18,2 und bei Starkrauchern 16,5 mg/l.

Bei vergleichenden Untersuchungen, was Rauchen anbetrifft, muß in Betracht gezogen werden, daß die Eisenwerte Schwankungen zeigen können, je nachdem ob die Untersuchung nach starkem Rauchen, oder nach einer Ruhepause (Schlaf) gemacht worden ist. Dadurch kann es auch erklärbar sein, daß man bei Starkrauchern manchmal höhere

Werte findet. In Einzelfällen kann man aber auch bei Nichtrauchern manchmal niedrigere Eisenwerte finden als bei Rauchern.

Unsere Untersuchungen, auch bei Männern, zeigen, daß Krankheiten (besonders leichtere, wenn gerade nicht auf Blut einwirkende Krankheiten vorliegen) auf Eisenwerte ohne besonderen Einfluß sind. In einem Meningitisfall war der Wert 17,5 mg/l, in zwei, zwar schon abgeklungenen Vergiftungen (Detanurat, Veronal), waren die Werte ganz gewöhnlich.

Wenn unsere Untersuchungen mit den entsprechenden Untersuchungen von *Olesk* in Tartu (Estland) übereinstimmende Eisenwerte geben, so zeigen diese andererseits ebenso eine Abweichung von denen in Deutschland, wie vorher auf S. 49 geschildert wurde. Die Werte für leicht abspaltbares Eisen sind hier (in Estland) verhältnismäßig höher. Welche Faktoren diese Unterschiede bedingen, könnte vielleicht durch entsprechende Untersuchungen der Eisenwerte auch in anderen Ländern geklärt werden.

Untersuchungen am Leichenblut. Nebst diesen Untersuchungen über Normalwerte bei Gesunden und Kranken haben wir auch Untersuchungen am Leichenblut unternommen. Gewiß mußte man hier von Anfang an mit besonderen Zuständen beim Tode rechnen, die eine Wirkung auf Eisenwerte ausüben könnten, die bei Untersuchungen vom Frischblute nicht in Frage kommen. So müßte man denken, daß der Prozeß des Sterbens vielleicht selbst irgendwelche Modifikationen in der chemischen Struktur des Blutes hervorruft; nebst dem käme in Frage gewiß auch die Todesursache selbst, denn davon hängt auch der Zustand des Blutes ab, ob es gerinnt, oder ob es flüssig bleibt; teils von diesem Zustande hängt es auch ab, ob man mehr oder weniger dem Frischblut ähnliches Material erhalten kann oder nicht. Liegt flüssiges Blut vor (wie z. B. auch bei CO-Vergiftungen), so könnte man in vielen Fällen Werte erwarten, die sehr nahe den Werten im Frischblute entsprechen. Ist das Blut aber stark geronnen, so müßte man damit rechnen, daß ein Teil der morphologischen, eisenenthaltenden Elemente weggefallen ist, und daß man dadurch niedrigere Werte erzielt. Auch die Fäulniszustände üben bei Leichen eine nicht geringe Wirkung auf die Eisenwerte aus.

Was unsere Untersuchungen am Leichenblute näher anbetrifft, so wurde Blut bei allen Sektionen mittels Glasgefäßen aus dem Herzen oder auch aus der durchschnittenen Vena cava inf. entnommen. Die Defibrinierung beim Leichenblute kam nicht in Frage; das Blut (ob geronnen oder nicht) wurde nach der Entnahme geschüttelt, durch Glaswolle filtriert und sonst auf dieselbe Weise wie beim Frischblute vorgegangen. Die Ultrafiltrationen, die mit Leichenblut vorgenommen wurden, haben auch bei Fäulniszuständen klare Ultrafiltrate gegeben,

so daß in dieser Hinsicht keine Hindernisse vorlagen. Die Tab. 4 gibt uns die Ergebnisse im Leichenblut bei Sektionen von Frauen wieder, wo sämtliche Fälle außer Kohlenoxydvergiftungen vorliegen.

Tabelle 4. Werte des leicht abspaltbaren Eisens im Leichenblut bei Frauen.

Nr.	Datum des Todes	Datum der Sektion	Fe mg/l Blut	Hämoglobin %	Alter (Jahre)	Todesursache
1	6. XI. 1935	7. XI. 1935	22,4	—	25	Sepsis post abortum
2	12. XI. 1935	16. XI. 1935	22,4	118	30	Sepsis post abortum
3	10. XI. 1935	11. XI. 1935	20,3	81	25	Eclampsia
4	26. XI. 1935	26. XI. 1935	20,3	123	36	NaOH-Vergift. + Pneum.
5	29. X. 1935	30. X. 1935	18,9	99	56	Paralys. cord. acuta
6	6. XII. 1935	7. XII. 1935	18,9	72	72	Apoplexia cerebri
7	14. II. 1936	14. II. 1936	18,9	90	40	Sepsis et Peritonitis post abortum
8	4. XI. 1935	5. XI. 1935	17,5	83	25	Vuln. sclop. capititis
9	3. XII. 1935	3. XII. 1935	16,8	95	33	Vuln. sclop. abdominis, peritonitis
10	20. XI. 1935	21. XI. 1935	15,4	91	48	Volvulus
11	3. XI. 1935	4. XI. 1935	12,6	59	5	Pericardit. purulenta
12	2. I. 1936	3. I. 1936	11,9	61	64	Submersio. Ulcus ventriculi
13	27. XII. 1935	28. XII. 1935	11,9	85	44	Encephalitis haemorrhagica
14	4. II. 1936	7. II. 1936	10,5	60	4	Submersio
15	30. XI. 1935	6. XII. 1935	20,3	—	Neugeb.	Lebensschwäche
16	10. XI. 1935	11. XI. 1935	17,5	79	„	Tod a. d. Fruchtbl. entnom.
1	4. XII. 1935	5. XII. 1935	11,9	38	—	Apoplexia cerebri

Fe: Max. 22,4 mg/l; Min. 10,5 mg/l; Mittel 17,5 mg/l.

Hb.: Max. 123 %; Min. 59 %; Mittel 85,3 %.

Betrachtet man die Tab. 4, so sieht man, daß leicht abspaltbares Eisen auch im Leichenblut bestimmbar ist. Abweichend von den Ergebnissen beim Frischblute sind hier aber die größeren Schwankungen in den Eisenwerten, wie das auch nach dem Vorhergesagten zu erwarten war. Wenn im Frischblute bei 30 Frauen Werte von 21—13,3 Fe mg/l vorkamen und wenn die extremen Werte da selten vorlagen, viel öfter die um den Mittelwerten liegenden, so sehen wir hier unter 16 Fällen Schwankungen von 22,4—10,5. Extreme Werte treten öfter hervor. Todesursache, Fäulnis, Blutgerinnung spielen hier eine Rolle. Das sehen wir auch aus den Hämoglobinwerten, die Maximalwerte zeigen, die bei Lebenden nicht beobachtet werden. Die Werte sind hier auch allgemein höher. Der Mittelwert für Hämoglobin im Leichenblut ist 85,3 %, bei Lebenden 72,3 %. Minimale Hämoglobinwerte, die bei Lebenden noch für normal gehalten werden können, müssen, wenn man dieselben Werte bei Leichen findet, schon als zu niedrig betrachtet werden. Was die 16 Fälle von Frauenleichen anbetrifft, so sehen wir hier einen Mittel-

wert für Eisen von 17,5. Der Mittelwert liegt also um etwa 1 mg/l niedriger als bei Lebenden. Die Größe des Mittelwertes hängt ab von Einzelfällen, weswegen wir diese hier näher betrachten wollen. Bevor wir die einzelnen Werte besprechen, sei hingedeutet, daß bei Neugeborenen (Fälle 15, 16), in einem Falle auch bei der Sektion eines aus der Fruchtblase entnommenen toten Kindes, die Eisenwerte, von denen der Erwachsenen keine Abweichung zeigen. Im letzteren Falle war der Wert nur wenig kleiner als bei der an Eklampsie verstorbenen Mutter. Die Höchstwerte des leicht abspaltbaren Eisens, die bei Frauenleichen gefunden wurden, überstiegen teils diejenige, die wir bei lebenden Frauen konstatieren könnten. Die Werte müssen scheinbar durch Todesprozesse gestiegen sein. Das nächste wäre hier an Fäulnis zu denken. *Schwarz* und *Deckert*⁴ sagen „Schüttelblut muß möglichst bald nach der Entnahme angesetzt werden. Ist es nicht möglich, so muß das Blut kühl im Eisschrank aufbewahrt werden. Länger als 24 Stunden nach der Entnahme bei dem Ansetzen zu warten, ist unzweckmäßig, da sonst zu hohe Werte gefunden werden.“ *Barkan*⁸ sah tatsächlich, daß bei starker Fäulnis des Blutes *in vitro* zwei- bis dreifach höhere Werte gefunden wurden, was durch Beimischung des Hämoglobineisens durch Zersetzung zu erklären ist. Auch wurde in solchem Blute Hämatorphyrin in Spuren gefunden. Im allgemeinen kommt die Fäulnis bei hier geschilderten Frauenleichen aber nicht viel in Frage, denn eine besondere Zersetzung lag noch nirgends vor. Die Leichen sind ziemlich früh zur Sektion gekommen, meistens am nächsten Tage, oder auch am Tage des Todes. Immerhin aber, daß gerade Fälle mit Sepsis höhere Werte zeigen, lassen hier Fäulnisvorgänge annehmen. Noch wichtiger als die höheren Werte, sind für unsere Frage hier die niedrigen Werte des Eisens. Wir sehen in mehreren Fällen niedrige Eisenwerte. Bei Lebenden haben wir so niedrige Werte des Eisens nicht gesehen. Auch der Minimalwert 13,3 mg/l ist da nur einmal vorgekommen. Dieses zeigt, daß auch die niedrigen Werte durch besondere Umstände beim Tode zu erklären sind. Einmal war der niedrige Wert mit sehr niedrigem Hämoglobinwert verbunden (dieser Fall in der Tab. 4 ist deswegen zu anderen nicht mitgerechnet). Mehr interessieren uns diese 4 Fälle, wo Hämoglobinwerte in Grenzen der normalen liegen. In 2 Fällen hier sehen wir Tod durch Ertrinken (auch die Hämoglobinwerte sind hier zu niedrigen gehörend). Man könnte annehmen, daß in diesen Fällen, die durch Ertrinken erfolgte Blutverdünnung mit Wasser eine Rolle gespielt hat und daß solche Befunde beim Ertrinkungstode mehr oder weniger normal sind, wenn die Eisenwerte später gerade durch Fäulnis wieder nicht gestiegen sind. (In einem Falle unter diesen konnte auch das vorhandene *Ulcus ventriculi* auf das Blutbild mitgewirkt haben.) In den übrigen 2 Fällen müßte

man glauben, daß die niedrigen Werte durch besonders starke Blutgerinnung verursacht waren. Wir sehen wohl auch in solchen Fällen sehr oft normale Werte; es ist aber hier möglich, daß man durch starke Blutgerinnung hauptsächlich aus Serum bestehendes Blut erhält, wodurch man niedrige Werte erzielen kann. In einem Fall hier ist das Kind auch recht schwächlich gewesen und hat schon längere Zeit an Perikarditis gelitten, im anderen Fall hat die Frau mit Encephalitis hämorrhagica verschiedene intravenöse Einspritzungen bekommen, was vielleicht auch auf das leichtabspaltbare Bluteisen eine Wirkung ausüben konnte. Man sieht demnach, daß da, wo Ertrinken und andere ebenerwähnte Umstände ausgeschlossen werden können, und wo das Blut bei Leichen in mehr oder weniger normalen Verhältnissen entnommen werden kann, wie das oft möglich ist, daß man da auch zu Werten kommt, die gut mit Werten des Frischblutes verglichen werden können.

In der Tab. 5 sehen wir die Ergebnisse der Untersuchungen bei Leichen von Männern.

Vergleichen wir die Eisenwerte im Leichenblut bei Männern mit denen im Frischblute, so sehen wir im Leichenblut hier höhere Eisen-

Tabelle 5.

Werte des leicht abspaltbaren Eisens im Leichenblut bei Männern.

Nr.	Datum des Todes	Datum der Sektion	Fe mg/l Blut	Hämoglobin %	Alter (Jahre)	Todesursache
1	9. II. 1936	10. II. 1936	28,0	135	20	Intox. ex alcohole
2	27. I. 1936	28. I. 1936	26,6	81	27	Suspensio
3	12. XI. 1935	12. XI. 1935	24,5	72	60	Suspensio
4	8. XII. 1935	10. XII. 1935	23,8	—	66	Paralysis cordis (Vitium cordis)
5	5. XI. 1935	6. XI. 1935	23,1	102	74	Suspensio
6	7. XI. 1935	8. XI. 1935	23,1	105	63	Paralysis cordis
7	23. I. 1936	24. I. 1936	23,1	—	48	Paralysis cordis
8	24. I. 1936	27. I. 1936	22,4	70	58	Intox. ex alcohole
9	9. II. 1936	10. II. 1936	21,7	90	68	Ruptura cordis
10	17. XI. 1935	18. XI. 1935	21,0	93	69	Suspensio
11	30. XI. 1935	2. XII. 1935	20,3	90	44	Vuln. sclop. cordis
12	7. XI. 1935	9. XI. 1935	17,5	71	40	Vuln. incis. cordis
13	26. XI. 1935	27. XI. 1935	17,5	90	70	Paralysis cordis
14	4. XI. 1935	5. XI. 1935	16,8	75	20	Vuln. sclop. capititis
15	31. I. 1936	31. I. 1936	14,7	—	59	Vuln. sclop. capititis
16	5. XII. 1935	6. XII. 1935	14,0	115	31	Vuln. sclop. aortae
17	14. XII. 1935	16. XII. 1935	14,0	85	51	Intox. ex alcohole
18	17. XII. 1935	18. XII. 1935	14,0	77	27	Fractura cranii
19	21. I. 1936	21. I. 1936	14,0	64	60	Ruptura cordis
20	29. XII. 1935	30. XII. 1935	28,0	80	Neugeb.	Frühgeburt

Fe: Max. 28 mg/l; Min. 14,0 mg/l; Mittel 20,1 mg/l.

Hb: Max. 135%; Min. 64%; Mittel 88%.

werte (unter 19 Fällen Mittelwert 20,1 mg/l). Auch die Minimalwerte liegen hier höher als im Frischblut. Die Maximalwerte übersteigen in einigen Fällen bedeutend die entsprechenden Werte bei Lebenden. Höhere Eisenwerte bei Leichen als bei Lebenden, die auch bei Frauenleichen vorkamen, sind hier besonders hervortretend. Extreme Minimalwerte, niedrigere als bei Lebenden, die manchmal bei Frauenleichen gefunden wurden, sind hier, außer einem Fall, nicht vorgekommen. In diesem liegt aber Verdacht für Kohlenoxydvergiftung vor. Zu diesem und CO-Vergiftungsfällen kommen wir später. Bemerkenswert unter den Leichenbefunden ist, daß auch Erstickungsfälle (Erhängen) oft höhere Eisenwerte zeigen. Das Blut in diesen Fällen ist meistens flüssig oder locker geronnen gewesen. Die Leichen sind meist am nächsten oder auch am Tage des Todes seziert worden.

Das Blut wurde bei Leichen in unseren Fällen ungeachtet besonderer Umstände immer untersucht. Ausgelassen wurden nur einige Fälle aus Gründen, die nicht vom Zustande des Blutes abhängig waren.

Um die Frage zu klären, wie sich die Eisenwerte verhalten, wenn man das Blut einige Zeit lang in Gefäßen stehen läßt, wurden bei Zimmertemperatur einige Versuche vorgenommen. Wir haben in einigen Fällen eine ziemlich starke Zunahme der Eisenwerte beobachtet. Beim Liegelnlassen im Laufe von 12 Tagen wurden in einem Falle so z. B. Werte von 28,0 mg/l gefunden, während der Eisenwert im Anfang 14,0 betrug. Das Blut wurde stark geschüttelt. In einem anderen Falle war der Eisenwert im Laufe von 10 Tagen von 14,0 mg/l auf 33,6 mg/l gestiegen. Man sieht davon, daß man im älteren Blute Doppelt- bis Dreifachwerte finden kann. Diese Befunde *in vitro* sprechen für die Möglichkeit, daß man bei Leichen höhere Werte finden kann als im Frischblute. Diese Zunahme wurde aber nicht in allen Fällen gefunden. In einigen Fällen, wo das Blut nicht geschüttelt wurde, hat man nach 10tätigem Stehen des Blutes dieselben Werte gefunden wie vorher.

Eisenwerte bei Kohlenoxydwirkung. Die Untersuchungen am Leichenblute und die gefundenen Werte des leicht abspaltbaren Eisens hier lassen annehmen, daß die Hemmung der Eisenabspaltung auch bei tödlichen Vergiftungen im Leichenblut beobachtet werden kann. Um die Verhältnisse im Leichenblut zu studieren, wurden von uns einige Versuche mit CO aufs Leichenblut *in vitro* vorgenommen. Die Ergebnisse *in vitro* bestätigen die schon im Frischblute bekannten Befunde der Hemmung in der Abspaltung des Eisens durch CO-Wirkung. Die folgende Tab. 6 zeigt hier unsere Ergebnisse.

Bei kurzer Einwirkung von CO, wo die spektroskopischen und chemischen Proben noch negativ sind, sieht man in den Eisenwerten schon eine Hemmung bis 26%. Bei stärkerer Einwirkung, bei Sättigung

Tabelle 6. Werte des leicht abspaltbaren Eisens vor und nach der CO-Wirkung.

Nr.	Blut	Fe mg/l vor CO-Wirkung	Durchströmung des Blutes mit Leuchtgas	Fe mg/l nach CO-Wirkung	Hemmung %	Spektroskop.	Zalesski	Tanninprobe
1	Leiche	21,0	45 Sek. stark	17,5	16	—	—	—
2	„	21,0	5 Min. stark	15,4	26	—	—	±
3	„	21,0	30 Min. stark	7,0	67	+	+	+
4	„	17,5	2 St. 35 Min. stark	8,4	52	·	·	·
5	„	16,8	18 St. schwach	8,4	50	·	·	·

des Blutes mit CO sehen wir eine Hemmung von 50—67 %, also dieselben Werte, wie sie von *Barkan* und *Berger* gefunden wurden.

Was tödliche Vergiftungen durch CO anbetrifft, so hatten wir im Laufe unserer Untersuchungen zur Sektion drei bestimmte Fälle von CO-Vergiftungen und einen, worüber schon erwähnt wurde, mit Verdacht auf CO. Diese Fälle bringen wir in der Tab. 7.

Tabelle 7. Werte des leicht abspaltbaren Eisens bei tödlichen CO-Vergiftungen.

Nr.	Ge- schlecht	Alter	Datum des Todes	Sektion	Hämoglo- bin %	Fe mg/l	Hem- mung %	Spektro- skop.	Zalesski	Tannin- probe
1	♀	21 J.	16. I. 1936	17. I. 1936	82	9,1	51	+	+	+
2	♂	7 M.	16. I. 1936	17. I. 1936	66	7,7	59	+	+	+
3	♂	22 J.	18. I. 1936	21. I. 1936	83	9,1	51	+	+	+
4	♂	68 J.	20. XII. 1935	23. XII. 1935	87	9,8	47	—	—	±

Betrachten wir die in der Tabelle angebrachten Fälle, so sehen wir, daß diese Fälle recht niedrige Eisenwerte zeigen. Niedrige Eisenwerte wie hier, haben wir bei Leichen, wo andere Todesursachen vorliegen, sonst nicht gefunden. Bei männlichen Leichen in unserer Untersuchung lagen die Werte immer bedeutend höher; bei weiblichen lagen wohl manchmal ziemlich niedrige Werte vor, was aber durch Ursachen bedingt war, welche bei CO-Vergiftungen nicht in Frage kommen. In gegebenen CO-Vergiftungsfällen und überhaupt in Fällen, wo Kohlenoxydvergiftung in Frage kommt, ist das Blut flüssig. Man müßte in solchem Zustande eher höhere als niedrigere Werte finden; liegen hier sehr niedrige Werte vor, wie bei uns, so ist an Eisenhemmung zu denken. Sehr niedrige Werte des leicht abspaltbaren Eisens bei Leichen, wo man einen dem Frischblute ähnlichen Zustand des Blutes vorfindet, erwecken also einen begründeten Verdacht auf CO-Wirkung. Wir sehen in unseren Fällen, wenn man die gefundenen Werte mit den Mittelwerten des Frischblutes vergleicht, daß eine Hemmung von etwa 50—60 % vorliegt. Vergleicht man aber die gefundenen Werte mit den Mittelwerten bei Leichen, die eher höher liegen, so ist eine noch größere Hemmung

anzunehmen, eine ähnliche, wie sie bei Sättigung des Blutes mit CO gefunden wird.

In den hier beobachteten Vergiftungsfällen handelte es sich im Falle 1 und 2 um eine tödliche Vergiftung einer Mutter und ihres Kindes im Zimmer durch Ofendunst in der Nacht. Das Kind wurde in den Armen der Mutter im Bett vorgefunden, beide tot. Die Totenflecke sind hellrot, typisch für eine Kohlenoxydvergiftung. Das Blut flüssig, hellrot, ebenso die Organe. An der Stirn der Mutter eine Blutung; beim Kinde eine Schädelfraktur mit einer frischen extra- und subduralen Blutung. Die Verletzungen scheinen am wahrscheinlichsten hier durch Hinfallen der Mutter mit dem Kinde im Beginn der Vergiftung erklärbar zu sein. Die chemischen wie spektroskopischen Proben sind sowohl bei der Mutter wie auch beim Kinde sehr deutlich positiv für CO sprechend, ebenso wie die Leichenbefunde.

Im Fall 3 handelte es sich ebenfalls um einen Unglücksfall in einer Dorfbadstube durch Dunst. 3 junge Männer waren in die Badstube gegangen um sich zu waschen. Alle 3 wurden liegend auf der Diele gefunden, der 1 tot, 2 bewußtlos. Durch ärztliche Hilfe wurden die 2 zum Leben gebracht.

Im 4. Fall handelte es sich um einen älteren Mann, der tot auf einem russischen Ofen gefunden wurde, wo er gewöhnlich schlief. Die Leiche zeigte schon teils Zersetzungerscheinungen. Die Farbe der Haut war mehr rötlich, links am Körper war die Haut mit Ruß beschmutzt. Die Epidermis hier war stellenweise bläschenförmig abgehoben, stellenweise war die Unterhaut aber von Epidermis entblößt, rötlich; die Blutgefäße in diesen Gebieten thrombosiert. Das geschilderte Bild sah nach einer Verbrennung aus. Das Aussehen der Leiche erinnerte sehr an eine CO-Vergiftung in beginnender Zersetzung. Auch der Tot auf dem Ofen und die großen Möglichkeiten für Entstehung des Kohlendunstes bei solchen Öfen, machen eine CO-Vergiftung bei der kühlen Zeit für sehr wahrscheinlich (obwohl der Mann auch Veränderungen am Herzen zeigte). Die spektroskopische Probe erwies negative Resultate, die Tanninpöbe könnte man aber als schwach positiv bezeichnen. Der Eisenwert liegt hier niedrig, wie wir das sonst bei männlichen Leichen nicht beobachtet haben.

Die Zahl der hier untersuchten tödlichen CO-Vergiftungen ist wohl gering (die Untersuchungen werden noch fortgesetzt), die Ergebnisse der Eisenuntersuchungen unterscheiden sich aber deutlich von den Befunden bei Leichen mit anderen Todesursachen und sprechen dafür, daß Untersuchungen auf leicht abspaltbares Eisen auch bei tödlichen CO-Vergiftungen eine Bedeutung von diagnostischem Wert haben können.

Man kann das Blut bei tödlichen CO-Vergiftungen nach der Entnahme auch durchlüften, um die Hemmung aufzuheben. Die besten Resultate erzielten wir, wenn das Blut im Laufe von 2—3 Tagen in offenen Gefäßen mehrmals täglich durchschüttelt wurde. Doch auch hier wurde die Hemmung nur teilweise aufgehoben. Beim längeren Durchlüften können die größeren Werte schon auch auf Zersetzungerscheinungen beruhen.

Zum Schluß untersuchten wir 5 Arbeiter (Männer) aus einer Leuchtgasfabrik, um festzustellen, ob auch eine chronische Wirkung von CO vorliegt. Um der Fabrik und in den Arbeitsräumen spürte man Leuchtgasgeruch. Nach den Angaben von Arbeitern sind in der Fabrik nicht

selten unter den Arbeitern akute Vergiftungen beobachtet worden. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen von diesen Fällen sehen wir in der Tab. 8.

Tabelle 8. Werte des leicht abspaltbaren Bluteisens bei Arbeitern in einer Leuchtgasfabrik.

Nummer	Hämoglobin %	Fe mg/l	Alter (Jahre)	Angaben über Rauchen
1	73	16,1	39	Raucht wenig
2	77	19,6	—	„ 12 Papirosse tägl.
3	80	16,1	65	„ 20 „ „
4	81	16,1	56	„ 20 „ „
5	81	16,1	50	„ 20 „ „

Vergleichen wir hier die Fälle mit den Mittelwerten für Männer (18,5 mg/l), so sehen wir, daß die Werte hier niedriger liegen. Leider handelt es sich aber um Raucher, von denen drei (3, 4, 5) nahe den Starkrauchern liegen, wo wir Mittelwerte von 16,8 gefunden haben. Diese Werte bei den untersuchten Personen liegen aber auch von diesen niedriger (16,1), was gewissermaßen annehmen ließe, daß auch die CO-Wirkung in Frage käme. Dafür spricht auch der Fall 1, wo der Betroffene beinahe als Nichtraucher zu bezeichnen ist und wo doch der Wert niedrig liegt. Nur ein Fall (2) zeigt höheren Eisenwert, was dem Normalen entspricht. Das spricht aber noch nicht gegen die Möglichkeit einer CO-Wirkung, denn es könnte hier vielleicht normal ein Maximalwert vorliegen, wo bei CO-Einwirkung eine Hemmung bis zu Mittelwerten eingetreten ist. Die niedrigeren Werte in anderen Fällen lassen an eine Hemmung durch CO-Wirkung denken. Leider war es nicht möglich die Arbeiter zum zweitenmal außerhalb der Arbeit zu untersuchen, was hier genauer die Hemmungsfrage durch Leuchtgas entschieden hätte. Bemerkenswert ist hier doch, daß alle untersuchten Arbeiter sich mit derselben Arbeit schon 10—15 Jahre beschäftigen und daß alle sich vollständig wohl fühlen.

Zusammenfassung. Es werden die bisherigen Untersuchungen über Normalwerte des leicht abspaltbaren Eisens und besonders auch Angaben über Verhalten dieses Eisens bei CO-Vergiftungen geschildert. Demnächst, nach kurzer Beschreibung der Methodik, kommen die eigenen Untersuchungen. Zuerst wurden Untersuchungen an gesunden und kranken Personen vorgenommen, wobei die Ergebnisse dieser Untersuchungen die bisherigen Befunde über Normalwerte des leicht abspaltbaren Bluteisens in Estland bestätigen, die hier verhältnismäßig höher sind als die entsprechenden Werte in Deutschland. Bei leichteren Erkrankungen findet man in den Eisenwerten keine besonderen Abweichungen von den Werten der Gesunden. Starkraucher zeigen auch in unserem Material niedrigere Eisenwerte als Nicht- und Mäßigraucher.

Untersuchungen an Leichenblut zeigen, daß leicht abspaltendes Bluteisen auch hier bestimbar ist. Die Mittelwerte des Eisens für Leichenblut zeigen nicht sehr bedeutende Abweichungen von den Werten des Frischblutes; wohl aber zeigen die Einzelwerte hier größere Schwankungen. Seltener sind Fälle, wo Minimalwerte gefunden werden, die niedriger sind als die entsprechenden im Frischblut, öfter dagegen sind Maximalwerte, die die entsprechenden im Frischblute bedeutend übersteigen. Die abweichenden Minimalwerte scheinen durch Gerinnungszustände des Blutes verursacht zu sein, wobei das zur Untersuchung kommende Blut durch Wegfallen der Gerinnung manchmal seröser und verdünnter wird. Abweichende Maximalwerte scheinen auf Zersetzungsvorgängen zu basieren.

Versuche mit Leichenblut *in vitro* zeigen, daß durch Sättigung des Blutes mit CO Hemmungen in der Abspaltung des Bluteisens bis 66 % vorkommen. Untersuchungen, die in Fällen tödlicher Vergiftungen durch CO bei uns vorgenommen wurden, zeigten recht niedrige Eisenwerte, welche unter anderen Bedingungen bei Leichen sonst nicht gefunden wurden. Vergleicht man die gefundenen Werte mit den Mittelwerten des Frischblutes, so muß man *bei tödlichen Vergiftungen eine Hemmung der Eisenabspaltung* annehmen, die bis etwa 60 % ausmacht; im Vergleich zu Mittelwerten bei Leichen würde diese Ziffer aber noch höher sein. Es liegen bei tödlichen Vergiftungen also Verhältnisse vor, wie sie bei Sättigung des Blutes mit CO *in vitro* beobachtet werden.

Untersuchungen an Leuchtgasarbeitern zeigen niedrigere Eisenwerte und erlauben auch hier scheinbar eine Hemmung durch CO-Wirkung anzunehmen.

Aus dem Hervorgebrachten sehen wir, daß Untersuchungen des leicht abspaltbaren Eisens bei Untersuchungen der Kohlenoxyd-Wirkung von Wert sind. Diese Untersuchungen können auch bei tödlichen CO-Vergiftungen im Leichenblut von diagnostischem Wert sein.

Literaturverzeichnis.

- ¹ Barkan, G., *Fortschr. u. Fortschr.* **10**, Nr 9 (1934). — ² Barkan, G., *Hoppe-Seylers Z.* **221** (1933). — ³ Barkan u. Berger, *Arch. f. exper. Path.* **136** (1928). — ⁴ Schwarz, L., u. W. Deckert, *I. Mitt. Klin. Wschr.* **14**, 601—603 (1935). Nachtrag zur I. Mitt. **14**, 900 (1935). — ⁵ Olesk, J., *Klin. Wschr.* **14**, 1006—1007 (1935). — ⁶ Barkan, G., *Hoppe-Seylers Z.* **148** (1925). — ⁷ Barkan, G., *Verfahren zur Bestimmung des leicht abspaltbaren Eisens. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. V, Teil 8, S. 1207—1215 (1935).* — ⁸ Barkan, G., *Hoppe-Seylers Z.* **171**, 186—187 (1927).
-