(Aus dem Gerichtlich-Medizinischen Institut der Universität Zürich, Direktion: Prof. Dr. *H. Zangger*.)

Quantitative Untersuchungen der Katalase und Peroxydase im Blutfleck.

Beitrag zur Altersbestimmung von Blutspuren.

Von

Dr. med. **Fritz Schwarz,**

Oberarzt und Bezirksarzt.

Einleitung.

Beim Experimentieren mit Benzidinlösungen bestimmter Konzentration fiel uns auf, daß die Peroxydasereaktion mit Blut bzw. mit Blutlösungen langsamer eintrat und schwächer wurde, je älter das Blut bzw. je älter die Blutlösungen waren, eine Erscheinung, die auch andere Autoren (*Alke*, *Medinger* u. a.) erwähnen. Wir fanden ferner, daß Spongiosateilchen frischer Knochen (wir benutzten Knochenteilchen aus dem frisch aufgesägten Humerus- oder Femurkopf) intensive Reaktion mit Benzidin ergaben, während der Ausfall bei alten Knochen negativ war, sofern wir mit gleich starken Benzidinlösungen arbeiteten, jedoch positiv wurde, wenn wir die Benzidinlösungen verstärkten. Leider erlaubt uns das Knochenmaterial unseres Institutes nicht, diese Abnahme der Reaktionsintensität, die vielleicht zur Altersbestimmung von Knochen mitherangezogen werden könnte, quantitativ zu verfolgen.

Die wenigen Beobachtungen, die wir an Knochenteilchen machen konnten, bewogen uns dann, den quantitativen Ausfall der „Oxydationsreaktionen" in der Blutspur zu verfolgen, wobei wir hoffen durften, aus der Intensität der Reaktion Beziehungen zum Alter der Blutspur herauszufinden. Zur Ausführung unseres Vorhabens wählten wir die *Katalasebestimmung* und die *Peroxydasebestimmung*, die sich beide relativ einfach quantitativ durchführen lassen. Die bestehenden Methoden, die für die Untersuchung frischen Blutes angegeben wurden, mußten wir natürlich unseren Zwecken zuerst anpassen.

Die Altersbestimmung von Blutspuren ist in der methodischen Entwicklung, welche in der gerichtlichen Medizin in den letzten Jahrzehnten eingesetzt hat, zurückgeblieben. Für die meisten Aufgaben, die uns zur Lösung gestellt werden, stehen uns heute nicht nur qualitative, sondern nötigenfalls auch quantitative Verfahren zur Verfügung. Unablässig wird an ihrer Verfeinerung, Vereinfachung, an der Ausmerzung von Fehlerquellen, an der Kombination wesensverschiedener Methoden und damit an der Erhöhung des Sicherheitsgrades gearbeitet. Wir erinnern in diesem Zusammenhang beispielsweise an die

in kurzer Zeit unentbehrlich gewordene quantitative Alkoholbestimmung im Blute des Überlebenden und in den Leichenorganen, an die Fortschritte in der mengenmäßigen Bestimmung des Kohlenoxyds im Blut, an die Mikromethoden, die uns zur Erfassung minimaler Schwermetallmengen bei gewerblichen Vergiftungen zur Verfügung stehen u. a. m.

Es muß auffallen, wie mitten in diesen methodischen Fortschritten der letzten Jahrzehnte das Problem der Altersbestimmung einer Blutspur nur ein einziges Mal, nämlich von *Schwarzacher*, aufgerollt wird, trotzdem in zahlreichen Rechtsfällen die Festlegung des Alters einer Blutspur von ausschlaggebender Bedeutung wäre. Beim Auffinden von Blutspuren im Zusammenhang mit einem Leichenfund könnte eine solche Altersbestimmung Anhaltspunkte über den Zeitpunkt des Todeseintrittes liefern; sie würde sich damit den zahlreichen bekannten Kriterien, die uns zur Todeszeitbestimmung bereits zur Verfügung stehen, einreihen. Unabhängig von der Leiche vermöchte die Altersbestimmung einer Blutspur, zum Beispiel an Kleidern, Wäschestücken, an Instrumenten usw. Hinweise auf Zusammenhänge des untersuchten Blutes mit irgendeinem ungeklärten Rechtsfall zu geben, bzw. die Vermutung solcher Zusammenhänge als unwahrscheinlich zu zerstreuen.

Warum blieb die Ausarbeitung geeigneter Methoden zur Altersbestimmung von Blutspuren offensichtlich zurück? Der Hauptgrund liegt ohne Zweifel darin, daß wir in der forensischen Praxis wohl nur in ganz besonders gearteten Fällen alle jene Komponenten, die auf den Alterungsprozeß Einfluß zu gewinnen vermögen, einigermaßen aufdecken und bewerten können, eine Tatsache, die von vornherein die Einführung exakter Methoden erschweren und die Erfolgsaussichten stark vermindern muß. In erster Linie ist es die bakterielle Fäulnis und die autolytische Zersetzung in ihren verschiedensten Formen, die beim Altern einer Blutspur schon in den ersten Stunden unentwirrbare Verhältnisse schaffen kann. Dazu kommen zahlreiche andere, ebenfalls unübersichtliche Einflüsse, die, wenn sie nicht Art und Intensität der Fäulnis oder Autolyse beeinflussen, auf den Alterungsprozeß direkt einwirken können: Temperatur, Feuchtigkeit, Strahlung, zufällige Verunreinigungen, Bindungen des Blutes oder bestimmter Blutbestandteile, sei es chemisch oder physikalisch, an die Unterlage. Weitere Schwierigkeiten erwachsen aus der Art der Blutspur selbst: die Verteilung von Serum und Plasma im Blutfleck wechselt, die ursprüngliche Dicke, die ursprüngliche Beschaffenheit der Oberfläche ist unbekannt. Alle diese Umstände lassen erwarten, daß eine allgemein anwendbare Methode der Altersbestimmung überhaupt nie gefunden werden wird; es bleibt wohl immer nur möglich, Spuren von ungefähr gleicher Beschaffenheit, die unter ähnlichen Bedingungen entstehen, trocknen und altern konnten, vergleichend zu untersuchen. Vergleichbar sind zum Beispiel

Untersuchungsergebnisse von Spuren der gleichen Blutart, die nach ihrer Entstehung ohne innige Verbindung mit der Unterlage, ohne Verdünnung oder sekundäre Verunreinigung rasch lufttrocknen und die dann an trockenem, lichtgeschütztem Ort den eigentlichen Alterungsprozeß durchmachen konnten. Solchen Spuren wird man in der Praxis vielleicht häufiger begegnen als man annimmt: Blutspuren an Kleidern, die nach Entstehung rasch an einem trockenen, geschützten Ort versteckt werden und die dann Wochen, Monate oder Jahre später entdeckt und zur Untersuchung gebracht werden, sind ja nicht so selten.

Die Wege, die zur Altersbestimmung von Blutspuren allgemein eingeschlagen werden, beschränken sich in der Hauptsache auf die Bestimmung der Abbauprodukte des roten Blutfarbstoffes und auf die Beobachtung der damit verbundenen Farbveränderungen, oder dann auf die Bestimmung der Löslichkeit und der Lösungsgeschwindigkeit in verschiedenen Lösungsmitteln, die beide mit dem Alter abnehmen. Die rote Farbe des frischen Blutfleckes weicht ja bald einem bräunlichen Farbton; später wird die Farbe ausgesprochen bräunlich, schließlich dunkelbraun, entsprechend der Methämoglobinbildung. Der Lichteinfluß spielt bei diesem Abbau die Hauptrolle; 10 Stunden Sonnenbestrahlung leisten nach *Leers* soviel wie 6 Tage diffuses Licht. Von *Tomellini* wurden zum Zwecke der Altersbestimmung Farbenskalen angelegt. *Lecha-Marzo* erweiterte diese Methode, indem er empfahl, die Farbe einer Blutspur nach den *Tomellini*schen Tafeln festzulegen und dann mit der Farbe einer Kontrollspur zu vergleichen, die man unter möglichst ähnlichen Bedingungen altern ließ. Eingang in die Praxis haben diese Methoden wohl nur ausnahmsweise gefunden.

Mit dem Abbau des Blutfarbstoffes verringert sich auch die Löslichkeit der Blutspur. *Leers* empfiehlt zur Altersbestimmung als brauchbarste Methode die mikroskopische Untersuchung der Lösungsverhältnisse unter gleichzeitiger Bestimmung des entsprechenden Mikrospektrums. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:

Frisches Blut löst sich leicht in destilliertem Wasser, es zeigt das Oxyhämoglobinspektrum. Blut, das einige Tage alt ist, löst sich bereits schwerer, neben dem Oxyhämoglobinspektrum zeigt es im Rot bereits den Methämoglobinstreifen. Nach Wochen hat das Blut seine Löslichkeit im Wasser fast vollständig verloren; in 2proz. Kalilauge ist es aber immer noch gut lösbar. In diesem Zeitabschnitt findet sich das Hämochromogenspektrum. Blut, das Monate alt und noch älter ist, löst sich nur noch in konzentrierter Kalilauge (33%). Isolierte Blutkörperchen sind in der Lösung nicht mehr erkennbar. *Minett* suchte durch Festlegung der Lösungsgeschwindigkeit von Blutspuren in verschiedenen Lösungsmitteln weiterzukommen. Praktisch verwertbare Ergebnisse zeitigten seine Untersuchungen nicht.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Altersbestimmung brachten uns die Untersuchungen von *Schwarzacher*. Er stützt seine Methodik auf die Beobachtung, daß neben anderen Einflüssen die Bestrahlung auf die Alterungsvorgänge des Blutes einen großen Einfluß besitzt. Er deckt die zu untersuchende Spur in Streifen ab, die er verschieden lange mit der Quarzlampe belichtet, also künstlich verschieden lange altern läßt. Aus der durch die Bestrahlung verursachten Veränderung in der Farbabtönung, die durch den Simultankontrast noch gesteigert werden kann, wird dann das wirkliche Alter der Blutspur berechnet, wobei sich herausstellt, daß 1 Stunde Quarzlampenbestrahlung in der Wirkung etwa 10 Stunden intensiver Sonnenbestrahlung, 10 Tagen der Einwirkung diffusen Tageslichtes oder 10 Wochen gedämpften Tageslichtes (geschlossener Raum, abseits vom Fenster) entspricht. Durch dieses künstliche Nachaltern gelingt es in geeigneten Fällen, eine ziemlich genaue Altersschätzung vorzunehmen.

Für die Praxis empfiehlt *Schwarzacher* folgendes Vorgehen: Zwei Drittel des zu untersuchenden Fleckes werden lichtdicht abgedeckt und der Rest wird 30 Minuten der Quarzlampe ausgesetzt. Nach dieser Zeit wird die Abdeckung derart verschoben, daß das bestrahlte Drittel und das unbestrahlte mittlere Drittel eine weitere $^1/_2$ Stunde unter die Quarzlampe kommen. Statt der Quarzlampe kann die Blutspur in analoger Weise während 2mal 5 Stunden dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt werden.

Zur Verwertung der auf diese Weise gewonnenen Resultate hat *Schwarzacher* folgende Tabelle aufgestellt:

Die lufttrockene Spur stand vorher unter Einwirkung	Alter der Blutspur		
	I = II = III	I ≠ II = III	I ≠ II ≠ III
Vor direktem Sonnenlicht	mindest. 20 Std. und mehr	etwa 10—20 Std.	höchstens 20 Std.
Von Tageslicht im Freien .	mindest. 3 Tage und mehr	etwa 1—2 Tage	höchstens 2 Tage
Von diffusem gedämpftem Licht in geschlossenem Raum	mind. 2—3Woch. und mehr	etwa 1—2Woch.	höchstens 2 Wch.
Eines fast völligen Lichtabschlusses	Jahre	Monate	mehrere Wochen.

Die Methoden, die uns also für die Blutaltersbestimmung zur Verfügung stehen, sind in ihrer Auswahl beschränkt und bauen sich alle auf ähnlichen Prinzipien auf, nämlich auf den Abbau des roten Blutfarbstoffes und die damit verbundene Farbveränderung, hauptsächlich bedingt durch die Belichtung bzw. auf die Abnahme der Löslichkeit mit zunehmendem Alter. Unter diesen Umständen scheint jede weitere Methodik, die auf anderen Grundlagen fußt, willkommen zu sein, sei es, daß sie uns neue Möglichkeiten erschließt, sei es, daß sie in Kombination mit den bestehenden Methoden erhöhte Sicherheit für unsere Schlüsse bringt. Die Einsicht, daß sich zur Altersbestimmung nur besonders geartete Fälle eignen und daß es sich bei den gewonnenen Resultaten stets nur um Schätzungen gewisser Zeitspannen handeln kann, darf uns nicht abschrecken; auch damit ist ja dem Recht sehr oft gedient.

Aus diesen Überlegungen heraus gingen wir an die systematischen quantitativen Bestimmungen der Katalase und der Peroxydase im alternden Blutfleck.

Als erste Aufgabe fiel uns dabei zu, die bestehenden Methoden der Katalase- und Peroxydasebestimmungen unseren Zwecken anzupassen. Unser Ausgangsmaterial war ja nicht frisches Blut, das, kaum der Fingerbeere entnommen, gelöst und untersucht werden konnte, sondern das Blut stand uns zur Verfügung in Form von Blutkrusten und -schüppchen, die durch Eintrocknen auf irgendeiner Unterlage unter den verschiedenartigsten Bedingungen entstanden waren und deren Fermentgehalt wir bestimmen wollten.

Der nächste Schritt war die Untersuchung experimentell angelegter Blutspuren; es galt, die chemischen und physikalischen Bedingungen beim Eintrocknungsprozeß zu erfassen. Denn aus allgemeinen Überlegungen war zu vermuten, daß solche in den ersten Alterungsstunden auf eine Blutspur einwirkenden Faktoren von großem Einfluß auf den späteren Fermentgehalt sein würden.

Erst nach diesen Vorarbeiten war es möglich, unsere Untersuchungen auf Fälle auszudehnen, wie sie die gerichtsärztliche Praxis mit sich bringt, also hauptsächlich auf Blutspuren an Kleidern, Gebrauchsgegenständen und Instrumenten. In der Kleidersammlung unseres Institutes stand uns für diese Zwecke ein reichhaltiges Material zur Verfügung, das über mehr als 15 Jahre zurückreicht.

Die Bestimmung der Katalase.

I. Allgemeines.

Schönbein beschrieb 1863 die Beobachtung, daß Blut auf Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd aufschäumt, ohne daß er das Wesen dieser Erscheinung erkannt hätte, die erst 1901 von *Loew* als Wirkung der Katalase richtig gedeutet wurde. Die Beobachtung *Schönbeins* wurde dann in der gerichtlichen Medizin längere Zeit als Methode des Blutnachweises empfohlen, obschon man wußte, daß die Reaktion nicht spezifisch für Blut ist. *Palleske* stellte 1905 fest, daß auch altes Blut, allerdings weniger intensiv als frisches, noch reagiere. So fand er eine Zerlegung des Wasserstoffsuperoxydes durch Fleischreste, die von einem mindestens 50 Jahre alten Schildkrötenpanzer stammten, ja sogar Teile einer Mumie zeigten noch positive Reaktion. Durch Hitzewirkung und nach Ansäuern nahm die Intensität der Umsetzung ab. Die Wasserstoffsuperoxydprobe wurde dann bald durch empfindlichere und spezifischere Vorproben verdrängt.

Die Katalasewirkung ist seither nach allen Richtungen untersucht worden, ohne daß es bis heute gelungen wäre, eindeutig festzulegen, welche Rolle die Katalase bei den Oxydationsprozessen im Organismus eigentlich spielt. Wir wissen lediglich, daß sie bei den aerob lebenden Pflanzen und Tieren in der Kette der Oxydationsvorgänge unersetzlich ist. Die Wasserstoffsuperoxydzersetzung ist übrigens die einzige bekannte Katalasereaktion; mit anderen Peroxyden reagiert die Katalase nicht.

Im Blut ist die Katalase an das Hämoglobin gebunden; im Serum selbst ist nichts oder fast nichts von ihr enthalten. Auch die Leukocyten zeigen beträchtliche Katalasewerte, die den Wert der roten Blutkörperchen ungefähr um das 3fache übersteigen; wegen ihrer geringen Zahl im Vergleich zu den Erythrocyten kommt aber der katalatischen Wirkung der Leukocyten praktisch keine Bedeutung zu (*Iglauer*). Außer für den qualitativen Blutnachweis (als Vorprobe) hat die Katalasereaktion in der gerichtlichen Medizin nie eine Rolle gespielt. Die Vorschläge *Cattaneos*, die quantitative Katalasereaktion zum Nachweis der Blutart zu verwenden, sind in der forensischen Medizin undurchführbar; in der artspezifischen Präcipitinreaktion stehen uns für diesen Zweck zudem unendlich viel bessere Methoden zur Verfügung. *Cattaneo* konnte nämlich die Resultate anderer Forscher, daß die Katalase im Blut verschiedener Tierarten in verschiedener Menge vorhanden sei, bestätigen und formulierte daraus den Vorschlag, mit der Katalasebestimmung den Nachweis zu erbringen, ob ein bestimmtes Blut vom Menschen oder von einem Tier stamme. In der forensischen Praxis wird es nun aber nie vorkommen, daß wir zur Untersuchung absolut frisches Blut erhalten; sobald aber Blut, auch nur kurze Zeit, liegen bleibt, wird sich sein Fermentgehalt stark mindern. Dazu kommt, daß der Katalasegehalt des Blutes für eine Tierart wohl mehr oder weniger spezifisch, aber innerhalb der Tierart starken individuellen Schwankungen unterworfen ist.

Die quantitative Katalasebestimmung in der Physiologie und klinischen Medizin hat erst nach Festlegung einer einfachen Methodik größeren Umfang angenommen. Grundlegend waren die Untersuchungen von *Bach* und *Zubkova* und die Publikation ihrer auch vom wenig gewandten Untersucher anwendbaren Methodik, die in der Folge von verschiedenen Autoren noch modifiziert wurde. Man bestimmt dabei im Prinzip die von einer bestimmten Blutlösung in einer bestimmten Zeit zersetzte Wasserstoffsuperoxydmenge durch Rücktitration oder durch Messung der frei gewordenen Sauerstoffmenge. Die Katalasezahl gibt die in Milligrammen H_2O_2 ausgedrückte Peroxydmenge an, die durch 0,001 ccm Blut unter den angegebenen Bedingungen zersetzt wird. Der Katalaseindex dagegen entspricht der unter gleichen Bedingungen von einer Million roter Blutkörperchen gespaltenen Peroxydmenge. Die Katalasezahl ist für das gesunde, unter gleichbleibenden Bedingungen lebende Individuum mehr oder weniger konstant. Nach *Wladimirow* beträgt die Schwankung beim selben Individuum $\pm$ 10%. Unter 233 Männern fand er als kleinsten Wert eine Katalasezahl von 11,2, als größten Wert 20,3. Die individuellen Schwankungen mögen hauptsächlich durch die Nahrungsaufnahme, durch Bewegung, durch Affektlage, Arbeit, Tätigkeit der innersekretorischen Drüsen bedingt sein. Größere Schwankungen von Mensch zu Mensch fanden

Alexeef, *Rusinova* und *Jaroslavzev* sowie *Jusatz*. Die ersteren berichten bei gesunden Menschen über Werte zwischen 15,1 und 37,9, der letztere zwischen 29 und 43. Die Resultate wurden aber mit anderen Methoden gewonnen; *Wladimirow* arbeitete nach der Methode von *Bach* und *Zubkova*; *Alexeef* und Mituntersucher verwendeten die gleiche Methode aber modifiziert, und *Jusatz* erhielt seine Werte mit dem Auftriebvolumeterkatalaser. Nach *Nisi* soll das Blut der Gruppe 0 reicher an Katalase sein als das der übrigen Blutgruppen. Aus allen Untersuchungen geht hervor, daß wir mit beträchtlichen individuellen Schwankungen und mit noch größeren Schwankungen von Mensch zu Mensch rechnen müssen.

Dazu kommt noch folgendes: Weitere Änderungen in der katalatischen Kraft des Blutes stellen sich ein bei Wechsel der Lebensbedingungen, bei gewissen Krankheiten, bei Vergiftungen usw. So nimmt zum Beispiel der Katalasegehalt mit der Höhe über dem Meeresspiegel zu, und zwar rascher als die Zahl der roten Blutkörperchen (vgl. die Untersuchungen von *Alexeef* u. a.). Bei äußeren Temperaturerhöhungen vermindert sich die Katalasezahl, bei tiefen Temperaturen steigt sie wieder an, auch heftiger Wind wirkt im gleichen Sinne. Ein Parallelismus zwischen Katalasezahl und Hämoglobingehalt besteht dabei nicht. Krankheiten vermögen die Katalasezahl ebenfalls zu beeinflussen. Alle Prozesse, die mit einer beschleunigten Senkung der roten Blutkörperchen einhergehen, verursachen nach *Delhougne* eine Verminderung des Fermentgehaltes. *Jusatz* fand eine Erhöhung zum Beispiel bei perniziöser Anämie, bei schwerer Herzinsuffizienz mit Cyanose, eine Verminderung u. a. bei Tonsillitis, Agranulocytose. *Yoshida* traf allgemein eine Herabsetzung bei bösartigen Geschwülsten. Festzustehen scheint, daß bei der akuten Blausäurevergiftung eine Herabsetzung der katalatischen Wirkung des Blutes eintritt; der Einfluß anderer Gifte ist noch wenig untersucht und die spärlichen Beobachtungen, die bis heute vorliegen, erlauben noch keine eindeutige Beurteilung, ja sie sind sich teilweise sogar widersprechend (*Prisco*, *Kynsaburo*, *Kudo*). Die Einwirkung von Ultravioletttstrahlen führt anscheinend zu einer Erhöhung der Blutkatalase, wenigstens bei Kindern mit einem niedrigen Anfangswert (*Koeppe*); auch die Infrarotstrahlen haben eine anfängliche Aktivierung zur Folge (*Kondo*), während die Einwirkung elektrischen Stromes den Katalasegehalt um 80% herabsetzen soll (Tierversuche von *Kondo*).

Diese kurze Übersicht über die bisherigen Forschungen ergibt, daß der Katalasegehalt des menschlichen Blutes während des Lebens großen Schwankungen unterworfen ist und daß Faktoren der verschiedensten Art, endogene und exogene, an diesen Schwankungen beteiligt sind. Die bis heute publizierten Untersuchungen reichen nicht aus, um sich über die Ursachen dieser Schwankungen ein einheitliches Bild zu machen. Bei der Bestimmung des Katalasegehaltes in der alternden

Blutspur mußte man sich unter diesen Umständen auch bei gleichartigem Ausgangsmaterial auf große Wertunterschiede gefaßt machen und sorgfältig darauf Bedacht nehmen, das Ausgangsmaterial so einheitlich als möglich auszuwählen.

II. Entwicklung der Methodik.

Für unsere Versuche gingen wir von der Methode nach *Bach* und *Zubkova* aus, nur bestimmten wir die zersetzte H_2O_2-Menge (wir verwendeten eine gegen Thiosulfat abgestimmte, etwa 0,5proz. Lösung von nicht stabilisiertem reinem H_2O_2) nicht durch Titration mit Kaliumpermanganat, sondern durch Titration mit Kaliumjodid-Thiosulfat.

1. Die optimale Wasserstoffionenkonzentration.

Die Intensität der Wirkung der Blutkatalase hängt, wie fast alle Forscher feststellten, stark von der Wasserstoffionenkonzentration ab, weshalb wir vorerst versuchten, den für unsere Reaktion günstigsten p_H-Bereich festzulegen. Als Ausgangsmaterial für alle unsere folgenden Versuchsreihen benutzten wir bei Zimmertemperatur in dünner Schicht getrocknetes und nachher pulverisiertes Leichenblut. Das Blutpulver wurde jeweils frisch in destilliertem Wasser in einer Menge von 5 auf 1000 gelöst, die Lösung filtriert und sofort verarbeitet. Die Puffer stellten wir nach den Angaben von *Sörensen* her, sie wurden stichprobenweise elektrometrisch kontrolliert.

Erste Versuchsreihe: Zu je 2 ccm filtrierter Blutlösung wurden 5 ccm Puffer und gleichzeitig 10 ccm H_2O_2 zugesetzt. Die H_2O_2-Menge entspricht an 28,30 ccm $^n/_{10}$-Thiosulfatlösung, in den letzten 3 Versuchspaaren, gekennzeichnet durch *, jedoch nur an 29,40 ccm. Nach 2 Stunden fügten wir Jodkalium-Schwefelsäure bei, nach 2 weiteren Stunden wurde verdünnt und in üblicher Weise titriert (siehe Zusammenfassung der Methodik). Alle Bestimmungen erfolgten doppelt (Tab. 1).

Zweite Versuchsreihe: Zu je 2 ccm filtrierter Blutlösung wurden 5 ccm Puffer zugesetzt, bei Zimmertemperatur stehen gelassen und am anderen Tag 10 ccm H_2O_2, entsprechend an 28,90 ccm $^n/_{10}$-Thiosulfat, beigefügt. Nach 2 Stunden wurde, wie in der ersten Versuchsreihe, Jodkalium-Schwefelsäure zugegossen, nach 2 weiteren Stunden verdünnt und wie üblich titriert. Auch hier wurden alle Bestimmungen doppelt durchgeführt (Tab. 2).

Wenn wir die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen vergleichen, ergibt sich, daß um den Neutralpunkt herum, wo also fäulnisartige, fermentative und hydrolytische Spaltungen und ähnliche Prozesse (die wir im folgenden als „sekundäre Einflüsse" zusammenfassend bezeichnen) besonders leicht vor sich gehen, die Zersetzung des H_2O_2 durch die Katalase zwar sehr intensiv ist, daß sich aber gerade in diesem Bereich die sekundären Einflüsse stark geltend machen werden. Zweifellos sind die Werte in der Tab. 2 auf den Einfluß solcher Sekundärprozesse, die während des etwa 12stündigen Stehens auf die Blutlösung einwirken konnten, zurückzuführen. Ein Nachteil der verwendeten Puffer ist, daß

Tabelle 1.

p_H-Wert	Puffer	ccm Thiosulfat (zwei parallele Bestimmungen)	Vom Blut zersetzt	
			Mittel	als $^n/_{10}$ berechnet
4,98	Phosphat	10,00 10,45	6,39	18,09
5,91	„	11,05 11,20	6,06	17,14
6,64	„	11,05 11,45	6,02	17,03
7,65	„	13,35 12,95	5,35	15,14
8,04	„	13,60 13,45	5,22	14,77
9,09	Borat	14,35 14,45	4,91	13,88
9,97	„	16,40* 16,50*	4,40	13,06
11,08	„	18,10* 18,00*	3,86	11,34
12,38	„	26,10* 26,09*	0,98	2,91

Tabelle 2.

p_H-Wert	Puffer	ccm Thiosulfat (zwei parallele Bestimmungen)	Vom Blut zersetzt	
			Mittel	als $^n/_{10}$ berechnet
4,98	Phosphat	13,50 13,70	5,30	15,32
5,91	„	24,00 23,75	1,74	5,03
6,64	„	25,05 24,95	1,34	3,87
7,65	„	27,45 27,35	0,52	1,50
8,04	„	27,60 27,70	0,22	0,64
9,09	Borat	25,95 25,95	1,02	2,95
9,97	„	25,15 25,35	1,26	3,64
11,08	„	24,65 24,50	1,44	4,16
12,38	„	24,20 24,80	1,52	4,39

wir mit zwei verschiedenen Substanzen arbeiten müssen, um den ganzen p_H-Bereich von 5—12 zu umfassen. Es wurden deshalb im folgenden noch Versuche mit einem einheitlichen Puffer (Glykokoll) angestellt.

Dritte Versuchsreihe: Die frischen, filtrierten Blutproben wurden sofort in gleicher Weise mit Glykokollpuffer und H_2O_2 (entsprechend an 17,6 ccm $^n/_{10}$-Thiosulfatlösung) versetzt.

Tabelle 3.

p_H-Wert	Puffer	ccm Thiosulfat (zwei parallele Bestimmungen)	Vom Blut zersetzt	
			Mittel	als $^n/_{10}$ berechnet
1,40	Glykokoll	17,60 17,50	0,17	0,30
2,27	„	17,60 17,50	0,17	0,30
3,34	„	15,60 16,00	1,15	2,05
4,41	„	7,00 7,30	5,99	10,54
6,10	„	3,90 3,90	7,82	13,75
7,80	„	5,10 4,10	7,42	13,05
8,57	„	3,50 3,50	8,04	14,15
9,71	„	3,05 3,05	8,29	14,59
11,07	„	5,40 6,05	6,79	11,94
12,40	„	15,10 15,55	1,42	2,53

Tabelle 4.

p_H-Wert	Puffer	ccm Thiosulfat (zwei parallele Bestimmungen)	Vom Blut zersetzt	
			Mittel	als $^n/_{10}$ berechnet
1,04	Glykokoll	17,50 17,15	0,29	0,52
2,27	„	17,80 18,15	0,00	0,00
3,34	„	13,30 16,65	1,61	2,89
4,41	„	7,20 6,80	6,08	10,88
6,10	„	5,55 3,75	7,41	13,22
7,80	„	4,80 5,00	7,26	12,95
8,57	„	3,85 3,20	8,02	14,30
9,71	„	1,85 1,55	9,04	16,13
11,07	„	4,35 4,55	7,60	13,58
12,40	„	11,15 13,25	3,16	5,64

Vierte Versuchsreihe: Die dritte Versuchsreihe wurde genau wiederholt, das heißt Proben von frisch hergestellter, filtrierter Blutpulverlösung wurden wiederum

sofort mit Glykokollpuffer und H_2O_2 (entsprechend an 17,89 ccm $^n/_{10}$-Thiosulfatlösung) versetzt und nach 2 Stunden weiter verarbeitet.

Ein Vergleich der Versuchsreihen 3 und 4 zeigt, daß die Reproduzierbarkeit der erhaltenen Resultate gut geworden ist. Weiter geht aus den beiden Tabellen hervor, daß die Einwirkung der Katalase auf das Wasserstoffsuperoxyd erst bei p_H-Werten von über 2 beginnt und von $p_H = 4$ an aufwärts große Beträge erreicht. Die Wasserstoffionenkonzentration kann jedoch weit unter den Neutralpunkt erniedrigt werden, bis die Wirkung wieder abnimmt; erst weit im alkalischen Gebiet (p_H = über 12) zeigt sich eine Abnahme auf unwesentliche Beträge.

Es ergibt sich, wie wir bereits erwähnten, daß bei der zweiten Versuchsreihe die Katalase durch das lange Stehenlassen der Blutlösung vorwiegend infolge sekundärer Einflüsse stark geschädigt wurde, da bei sofortiger Verarbeitung des Materials, das heißt bei sofortigem Zusatz des H_2O_2 zur gepufferten Lösung die eigenartige Kurvendepression mit einem Minimum im leicht alkalischen Gebiet nicht eintrat. Ob die Abnahme der Aktivität beim Stehenlassen lediglich auf die von uns als „sekundäre Einflüsse" bezeichneten Faktoren zu beziehen ist, oder ob dafür nicht auch spezifische Wirkungen verantwortlich zu machen sind, können wir nicht entscheiden. *Bach* und *Zubkova* denken an die Einwirkung eines proteolytischen Fermentes, *Stern* nimmt das Vorhandensein einer Antikatalase an; andere Autoren, zum Beispiel *Francke*, lehnen solche Gegenwirkungen ab. Auch wir halten es für wahrscheinlicher, daß hier unspezifische Prozesse vorliegen, eben deshalb, weil das Maximum der Wirkungsabnahme um den Neutralpunkt herum eintritt.

Auffällig bleibt, daß das Maximum der Wirkungsintensität bei Verwendung von Glykokollpuffer einerseits und von Phosphatpuffer andererseits in verschiedenen Gebieten, nämlich bei $p_H = 10$ gegenüber p_H = höchstens 5 liegt.

2. *Die Wirkung konservierender Zusätze.*

Takayama empfahl, der zu untersuchenden Blutlösung Äthylalkohol zuzusetzen, um eine „Selbstzersetzung" der Katalase zu verhindern, das heißt er verwendete zur Verdünnung des Blutes nicht destilliertes Wasser, sondern eine 0,1 proz. Äthylalkohollösung. Auch *Stern* fand diese konservierende Wirkung des Alkohols; er führt sie auf eine Hemmung der Antikatalase durch den Alkohol zurück. Zur Konservierung fand *Takayama* auch andere Alkohole der Fettreihe, Äther, Formaldehyd u. a. m. geeignet. *Tsuchihashi* empfahl für den gleichen Zweck Chloroform.

Für die Prüfung geeigneter Konservierungsmittel gingen wir folgendermaßen vor: Proben von ein und derselben Blutpulverlösung, entsprechend 1 mg Trockensubstanz, wurden mit 1 Tropfen Chloroform oder Äther versetzt. Eine dritte Probe blieb ohne Zusatz bei Zimmertemperatur, eine vierte im Eisschrank stehen. Am folgenden Tag wurde

wie üblich untersucht, wobei sich ergab, daß die Wirksamkeit der Katalase ohne Zusatz eines Konservierungsmittels stark gelitten hatte.

Unsere Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 5.

Bedingungen	Verbrauchtes Thiosulfat	Zersetzte Menge H_2O_2	Mittel
Zimmertemperatur	25,05	1,35	1,32
	25,20	1,28	
Chloroformzusatz	9,50	6,70	6,41
	11,95	5,88	
Ätherzusatz	15,90	4,50	4,50
Eisschrank	18,00	3,77	3,88
	17,60	3,90	

In gleicher Weise wurden weitere Proben angesetzt, wobei aber durch Zusatz von Phosphatpuffer $p_H = 8{,}04$ die Wasserstoffionenkonzentration in einem für die Haltbarkeit der Blutlösung ungünstigen Bereich fixiert wurde. Auch hier hielt sich wiederum die chloroformhaltige Lösung am besten.

Tabelle 6.

Bedingungen	Verbrauchtes Thiosulfat	Zersetzte Menge H_2O_2	Mittel
Chloroformzusatz	17,75	4,67	4,58
	18,35	4,49	
Jodoformzusatz	25,20	2,19	2,19
	25,20	2,19	
Tetrachloräthan	23,75	2,87	2,52
	24,95	2,27	
Nitrobenzolzusatz	25,10	2,22	2,24
	24,95	2,27	

Sofern also die Bluttrockensubstanz (Blutpulver) ohne Verluste in Lösung gebracht werden soll, ist die Abnahme der Katalasewirksamkeit, bedingt durch das notwendige Stehenlassen der Lösung (bis zur restlosen Auflösung des Blutes) durch Zusatz eines Konservierungsmittels hintanzuhalten. Wir machten deshalb weitere Versuche mit Chloroform, und zwar einerseits bei einem für die Fäulnis möglichst günstigen Werte ($p_H = 8{,}04$), andererseits bei einem p_H-Wert, der für die Fäulnis möglichst ungünstig war, aber noch im Bereich der fast maximalen Katalaseaktivität liegt ($p_H = 4{,}98$).

Abgewogene Blutkrusten wurden mit Wasser und Zusätzen stehengelassen und später zur Titration mit 20 ccm H_2O_2 für jedes Milligramm Blutpulver versetzt und wie üblich titriert. Beim letzten Versuch der folgenden Tabelle wurde das H_2O_2 gleich zu Beginn zugefügt (20 ccm H_2O_2 = 57,80 ccm Thiosulfat).

Die konservierende Wirkung des Chloroforms ist also ganz bedeutend, denn der Wert von 7,20 ccm H_2O_2, welcher unter günstigen

Tabelle 7.

Zusätze	Titriert nach	mg Blut	Verbrauchtes H_2O_2	H_2O_2 per mg Blut	Mittel
Keine	sofort	1,44	11,35	7,88	7,20
		1,09	7,11	6,52	
Phosphat p_H 8,04	20 Stund.	1,13	1,36	1,20	0,71
		0,94	0,21	0,22	
Phosphat p_H 8,04 + Chlorof.	20 Stund.	1,39	6,15	4,42	5,06
		1,23	7,03	5,71	
Phosphat p_H 8,04 + Chlorof.	$4^1/_2$ Tage	1,28	8,51	6,63	5,76
		1,21	5,90	4,88	
Phosphat p_H 8,04 + Chloroform, H_2O_2 sofort	17 Stund.	1,16	7,75	6,68	6,74
		1,44	9,79	6,80	

Fäulnisbedingungen ($p_H = 8{,}04$) schon in 20 Stunden auf unter 1 fiel, konnte durch Chloroformzusatz auf über 5 gehalten werden, sogar auf die Dauer von mehreren Tagen. Noch günstiger war das Resultat, wenn das H_2O_2 sofort zugesetzt wurde; das H_2O_2 mag wohl ebenfalls konservierend wirken; der höhere Wert ist aber in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die herausgelöste Katalase vorweg zur Wirkung kam und damit der Zerstörung entging.

Eine Kontrolle, ob das H_2O_2 nicht etwa durch längeres Stehen mit Puffer ($p_H = 8{,}04$) und Chloroform allein schon zersetzt würde, ergab im Verlaufe von 17 Stunden lediglich eine Zersetzung von 0,44 ccm H_2O_2 bei einem Anfangswert von 10 ccm. Diese Zersetzung, welche also unabhängig von der Katalase vor sich geht, darf vernachlässigt werden. Dieselbe Kontrolle mit dem für die folgenden Versuche verwendeten Phosphatpuffer von $p_H = 4{,}98$ ergab bei 10 ccm H_2O_2 keine meßbare Zerstörung in 17 Stunden, so daß das H_2O_2 ohne weiteres von Anfang an zugesetzt werden darf.

In der folgenden Versuchsreihe wurde mit Phosphatpuffer von $p_H = 4{,}98$ und Chloroform je eine Probe Blutpulver mit H_2O_2 (20 ccm pro Milligramm Blutpulver) versetzt und nach 17 Stunden titriert. Die verwendeten H_2O_2-Lösungen waren von verschiedenem Titer, weshalb die Resultate auf $^n/_{10}$-Thiosulfat umgerechnet sind.

Tabelle 8.

Blutmenge mg	Zugesetztes H_2O_2 ccm	Verbrauchtes H_2O_2 ccm pro mg	$^1/_{10}$ Äquivalent
1,12	22,40	9,79	23,50
1,31	26,20	10,87	26,20
1,08	21,60	8,78	26,30
1,19	23,80	9,38	28,00

Die 4 Versuche zeigen, daß die Reproduzierbarkeit im Vergleich zu den früheren Ergebnissen wesentlich besser geworden ist. Die Streuung

für ein und dasselbe Blut (4 Monate altes Pulver aus Leichenblut) liegt immerhin noch zwischen Werten von 23,50 und 28,00.

3. Abhängigkeit der H_2O_2-Zersetzung vom Verteilungsgrad des Blutpulvers.

Die Intensität der Katalasewirkung hängt selbstverständlich stark von der Feinheit des Blutpulvers ab. Die folgende Versuchsreihe wurde mit ein und demselben Ausgangsmaterial erhalten, und zwar wurden je 0,9 bis 1,5 mg Blutpulver mit 20 ccm H_2O_2 pro Milligramm versetzt, umgeschwenkt und nach 2 Stunden titriert. Die H_2O_2-Zersetzung ergab folgende Werte:

Tabelle 9.

Gröberes Pulver mit kleinen Bröckeln	7,5 ccm
Mittelgrobes Pulver ohne Bröckel	6,5 „
Feinstes Pulver	11,6 „
Feinstes Pulver	10,2 „

4. Versuche mit Extraktion der Katalase.

Die Streuungen, die wir bei unseren Resultaten beobachten, sind also wohl verursacht durch unvollkommene oder ungleichmäßige Lösung der Katalase aus dem pulverisierten Blut. Sie lassen sich auch bei feinster Pulverisierung nicht vollständig ausschalten. Wir versuchten deshalb, die Katalase aus der pulverisierten Blutspur durch Extraktion herauszulösen, ähnlich wie dies ja bei der Untersuchung des Stuhles auf Blutbeimengungen mit der Peroxydase geschieht. *Hiroshige* versuchte bereits früher, die Katalase aus dem Blut zu extrahieren. Es gelang ihm aber mit Chloroform und Toluol lediglich etwa die Hälfte herauszubekommen.

In der folgenden Tabelle sind unsere Resultate, gewonnen durch stundenlange Extraktion im Extraktionsapparat, zusammengestellt. Die Versuche wurden selbstverständlich unter gleichen Bedingungen mit gleichen Ausgangsmengen durchgeführt.

Tabelle 10.

Extraktionsmittel	Verbrauchte Menge H_2O_2 pro mg Blut	
	1. Versuch	2. Versuch
Wasser	4,8	6,0
Äther	5,2	3,6
Aceton.	6,5	6,4
Ammoniak (wässerig)	6,7	6,2
Eisessig	0	0
Eisessig mit Alkohol	4,7	5,0
Pyridin	0	0
Pepsin-Salzsäure	0,7	0,4

Sämtliche Werte sind gegenüber der größtmöglichsten Zersetzung viel zu niedrig. Eine quantitative Extraktion der Katalase aus dem Blutpulver ist also nicht gelungen. Es bleibt uns nichts übrig, als die Blutspur in feinster Pulverform direkt in Kontakt mit dem H_2O_2 zu bringen.

5. *Beschreibung der endgültig verwendeten Methode.*

Aus der zu untersuchenden Blutspur wird eine Blutkruste oder -schuppe losgelöst. Aus dem Zentrum dieser Kruste (das Zentrum ist reicher an roten Blutkörperchen als die Peripherie) wird Material herausgekratzt und im Porzellanmörser äußerst fein pulverisiert. Das Blutpulver kommt dann für einige Stunden in den Exsiccator.

Direkt aus dem Exsiccator werden dann mehrere Portionen von etwa 1 mg (zwischen 0,9—1,2 mg) genau abgewogen, bis auf 0,1 mg genau, und in kleine Glasschälchen gebracht. Den Schälchen wird dann je 1 Tropfen H_2O_2 (0,5proz. säurefrei, nicht stabilisiert) zugefügt und mit dem Blutpulver vermittelst eines Glasstäbchens gleichmäßig durchgemengt. Dann wird der Inhalt des Schälchens mit gleicher H_2O_2-Lösung in einen Erlenmeyer-Kolben restlos ausgespült. Die Menge der dazu benützten H_2O_2-Lösung wird man je nach der Schaumbildung bemessen. Für stark schäumendes (frisches) Blut benötigt man 20—30, gelegentlich sogar 40 ccm H_2O_2-Lösung. Ist die Schaumbildung gering, das heißt das Blut alt, kommt man mit 5—10 ccm aus. Schließlich fügt man dem Kolben sofort 2 ccm Puffer (wir verwendeten aus praktischen Gründen endgültig Citratpuffer von einem $p_H = 4{,}98$, der in diesem Bereich sehr wirkungsvoll ist) und 1 Tropfen Chloroform zu. Der Kolben wird dann bei Zimmertemperatur stehengelassen, bis sich alles Blut umgesetzt hat, das heißt bis die Sauerstoffentwicklung aufhört. Bei frischem Blut ist dies meistens nach einigen Stunden der Fall; älteres Blut braucht länger, 12—24 Stunden, ausnahmsweise sogar noch mehr. Selbstverständlich ist darauf zu achten, daß alle Blutteilchen von der Flüssigkeit aufgenommen werden; an der Kolbenwand haftende Teilchen sind hinabzuspülen.

Ist die Gasbildung beendet, erfolgt die Titration. In einen zweiten, großen Erlenmeyer-Kolben gießt man 10 ccm einer 10proz. Jodkalilösung und 30 ccm einer 30proz. Schwefelsäure. Darauf wird die Blutlösung zugesetzt. Die vereinigten Lösungen bleiben 1 Stunde bei Zimmertemperatur stehen. Nach dieser Zeit ist bereits das Maximum der H_2O_2-Einwirkung auf das Jodid erreicht. Den Kolben deckt man zu, damit kein Jod verdampfen kann, auch ist er vor Licht einigermaßen zu schützen. Sollte sich Jod ausscheiden, bringt man das ausgeschiedene Jod durch Zufügen von etwas Jodkali wiederum in Lösung.

Schließlich werden dem Kolben noch 190 ccm destilliertes Wasser zugesetzt. Die Titration erfolgt dann mit $^n/_{10}$-Thiosulfatlösung. Stärke als Indikator wird erst gegen Ende der Titration beigegeben. Die Entfärbung der Stärke sollte mindestens einige Minuten anhalten.

In ganz analoger Weise werden die weiteren Blutproben bestimmt. Schließlich stellt man in einem Blindversuch den Titer der Wasserstoffsuperoxydlösung, selbstverständlich ohne Blutzusatz, fest. Bei diesem Blindversuch wird man zweckmäßig mit kleineren Mengen arbeiten.

1000 ccm $^n/_{10}$-Thiosulfatlösung entsprechen 1,7008 g Wasserstoffsuperoxyd, als 100proz. Substanz berechnet. Die zersetzte H_2O_2-Menge kann auf 1 mg Blutpulver umgerechnet werden, und die erhaltene Zahl wird man dann als Katalasezahl des Trockenblutes bezeichnen; sie würde angeben, wieviel Gramm H_2O_2 durch 1 mg Blutpulver unter den oben angegebenen Bedingungen zersetzt worden sei. Es schien uns jedoch einfacher, die pro Milligramm Blut zersetzte H_2O_2-

Menge in $^n/_{10}$-Milligrammäquivalenten anzugeben; diese Werte entsprechen dann gleichzeitig der verbrauchten Thiosulfatlösung. Wenn nichts anderes angegeben ist, sind also unsere Katalasewerte angegeben in der Zahl der zersetzten, in Kubikzentimeter gemessenen $^n/_{10}$-Milligrammäquivalenten.

Die Bestimmung der Peroxydase.

Peroxydasereaktionen sind in der gerichtlichen Medizin bekannt zum Blutnachweis (klassische *Dehn*sche Probe). Am häufigsten findet immer noch die Benzidinprobe als Vorprobe Verwendung; neuere Verfahren vermochten wegen erhöhter Spezifität die Benzidinprobe allerdings teilweise zu verdrängen. Wir erinnern an die Rhodaminprobe (*Ahlke*) und namentlich an die Leukomalachitgrünprobe (*Medinger*). Die Peroxydasereaktionen werden immer nur qualitativ, nie quantitativ verwendet. Immerhin ist verschiedenen Untersuchern aufgefallen, daß frische Blutproben viel rascher und intensiver reagieren als alte, daß eine verzögerte Reaktion auch bei Blutproben, die Witterungseinflüssen, chemischen Einflüssen, Hitze usw. ausgesetzt gewesen waren, eintrat.

Die Peroxydaseeigenschaften des Blutes sind wie die Katalaseeigenschaften an die roten Blutkörperchen gebunden, und zwar scheint eine Bindung an das Hämoglobin vorzuliegen, indem letzteres die Fähigkeit besitzt, gleich der pflanzlichen Peroxydase, die oxydierende Wirkung des Wasserstoffsuperoxyds zu beschleunigen. Blutlösungen, die auf gleiche Farbintensität gebracht werden, zeigen auch übereinstimmendes peroxydatisches Vermögen, das heißt das Verhältnis zwischen Hämoglobinzahl und Peroxydasezahl ist konstant. Die Annahme, daß neben dem Hämoglobin im Blut noch ein der pflanzlichen Peroxydase ähnliches Enzym vorkomme, kann nach den Untersuchungen von *Bach* und *Kultjugin* anscheinend nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Während für die Blutkatalase zahlreiche quantitative Untersuchungen über physiologische und pathologische Schwankungen, auch von klinischer Seite, vorliegen, sind entsprechende Untersuchungen über die Peroxydase spärlich, trotzdem uns für ihre quantitative Bestimmung eine von *Bach* und *Zubkova* ausgearbeitete bequeme Mikromethode vorliegt. Aus den bisherigen Untersuchungen dürfen wir folgern, daß die Peroxydase in noch größerem Maße als die Katalase physiologischen Schwankungen unterworfen ist. So fand zum Beispiel *Delhougne*, der nach der Methode von *Bach* und *Zubkova* arbeitete, bei der Untersuchung gesunder Menschen eine Streuung zwischen 50 und 100, ausgedrückt in sogenannten Peroxydasezahlen (siehe unten). Durch Infektionskrankheiten, konsumierende Krankheiten und ähnliche Prozesse wird die Peroxydase, gleich der Katalase, herabgesetzt. Auch bei Vergiftungen beobachtete man eine Abnahme; so fanden zum Beispiel *Velicogna* und *Viziano* eine Verminderung bei der Schwefelkohlenstoffvergiftung.

Bei unseren Untersuchungen gingen wir von der Mikromethode von *Bach* und *Zubkova* aus. Die Adaption an unsere Zwecke war bedeutend einfacher als bei der Katalasebestimmung, weil die Peroxydase aus dem pulverisiertem Blut offenbar sehr rasch in Lösung ging und damit auch bei altem Blut voll zur Wirkung gelangte. Die Versuchsreihen über die Wirkung konservierender Zusätze fielen deshalb dahin, zumal ja dem Guajakol selbst eine ganz bedeutende konservierende Wirkung zukommt. Auf Extraktionsversuche haben wir bei der Peroxydase verzichtet, weil wir uns ja schon bei der Katalase von der Aussichtslosigkeit einer quantitativen Extraktion überzeugen konnten.

Daß auch bei der Peroxydasebestimmung die Wasserstoffionenkonzentration eine große Rolle spielt, ist von allen Untersuchern festgestellt und geht aus folgender Tabelle hervor:

Tabelle 11.

Citratpuffer p_H	Colorimeterwerte		Citratpuffer p_H	Colorimeterwerte	
	1. Blutprobe	2. Blutprobe		1. Blutprobe	2. Blutprobe
1,11	22,8	20,7	4,81	96,7	95,0
1,93	37,7	43,3	4,95	95,7	92,0
2,98	61,3	68,3	5,11	92,7	85,0
3,69	74,7	78,7	5,58	70,3	71,3
4,10	86,0	85,0	6,02	56,3	54,7
4,43	89,0	90,7	6,31	41,3	42,7
4,64	94,7	92,7	12,29	2,0	1,7

Je 1 ccm Blutlösung, entsprechend 2 mg Blutpulver, wird mit je 2 ccm Citratpuffer und 1 ccm Guajakollösung von 0,1% vermengt. Sofort wird 1 ccm einer 1proz. säurefreien H_2O_2-Lösung beigegeben. Nach genau 5 Minuten wird die Farbintensität im *Autenrieth*schen Colorimeter bestimmt.

Das Maximum der Wirksamkeit liegt also bei p_H 4,81. Versuche mit anderen Blutproben ergaben ganz ähnliche Resultate, das heißt ein Maximum um p_H = etwa 5.

Für die Untersuchung von trockenen Spuren gingen wir zur Vorbereitung des Materials in gleicher Weise vor, wie bei der Katalasebestimmung. Die sorgfältig von der Unterlage abgehobenen Krüstchen oder Schüppchen wurden feinst pulverisiert und in den Exsiccator gebracht, wobei wir wiederum darauf achteten, hauptsächlich Material aus dem Zentrum der isolierten Spur zu bekommen. Aus dem Exsiccator wurden dann Pulvermengen von etwa 1 mg auf der Mikrowaage genau abgewogen und im Puffer gelöst (pro Milligramm Blut 10 ccm Puffer). Wir verwendeten wiederum Citratpuffer von p_H = 4,98. Selbstverständlich ist genau darauf zu achten, daß das Blutpulver restlos vom Puffer aufgenommen wird. Sofort wird dann 0,1proz. wässerige Guajakollösung (5 ccm pro Milligramm Blut) beigefügt. Die Lösung der Peroxydase aus dem Blutpulver erfolgt sehr rasch. Schon nach 1 Stunde kann, auch bei alten Blutproben, die weitere Verarbeitung erfolgen, nämlich:

Die Blutlösung wird filtriert. Vom Filtrat werden 3 ccm in ein Kölbchen gebracht und 1 ccm 1proz. säurefreie Wasserstoffsuperoxydlösung beigegeben. Genau nach 5 Minuten wird die Farbintensität im Colorimeter von *Autenrieth*

bestimmt. Die Ablesung erfolgt stets bei künstlicher Beleuchtung unter dem schwarzen Tuch. Zur Kontrolle werden in gleicher Weise noch weitere Filtratproben untersucht.

Als Vergleichslösung verwendeten wir die von *Bach* und *Zubkova* angegebene Flüssigkeit: 10 g Eiereiweiß, 5 g Natron und 2 g Kobaltnitrat werden in 250 ccm destilliertem Wasser 30 Minuten gekocht und dann filtriert. Auf diese Weise erhält man eine Flüssigkeit, die der Färbung des oxydierten Guajakols weitgehend entspricht und haltbar ist. Die Werte kann man entweder in Colorimeterzahlen angeben oder dann in Peroxydasezahlen, indem man eine Eichung des Colorimeters vornimmt. Man bestimmt die Farbtiefe, die unter Einhaltung der oben angegebenen Bedingungen bei konstant bleibender Blutlösung, jedoch abnehmenden Guajakolmengen, erreicht wird. Unter der Peroxydasezahl ist die in Milligramm ausgedrückte Guajakolmenge zu verstehen, die unter den oben angegebenen Bedingungen durch 1 mg Blutpulver oxydiert bzw. colorimetrisch bestimmt wird.

Vorversuche mit den ausgearbeiteten Methoden.

1. Ist die Verteilung der Fermente im Blutpulver gleichmäßig?

Gingen wir bei unseren Bestimmungen von ein und derselben Blutlösung aus, dann ergaben sich im ganzen gut reproduzierbare Werte. Es fragt sich, ob wir durch feinste Pulverisierung der Bluttrockensubstanz auch eine derartig gleichmäßige Verteilung der Fermente bewirken, daß unsere Werte übereinstimmen, wenn wir verschiedene Pulverproben untersuchen. Blut, das wir durch Venenpunktion bei einem gesunden Menschen gewannen, wurde auf eine Glasschale in gleichmäßig dünner Schicht ausgespritzt, bei Zimmertemperatur trocknen gelassen und dann feinst pulverisiert. Von diesem Pulver wurden 12 Proben auf Katalase, 16 Proben auf Peroxydase untersucht.

Bei der Katalase ergaben sich Schwankungen zwischen 21,7 und 33,9. Die einzelnen Werte seien reproduziert:

21,7; 23,9; 24,3; 27,3; 27,6; 28,0; 28,0; 29,4; 29,6; 30,8; 30,9; 33,9.

Die Schwankungen der Peroxydase liegen zwischen 40,5 und 52. Die Einzelwerte sind folgende (Angabe in Colorimeterzahlen).

40,5; 42,5; 43,0; 43,0; 44,0; 44,0; 44,0; 44,5; 44,5; 44,5; 44,5; 47,0; 47,5; 47,5; 49,0; 52,0.

Die Schwankungen sind also beträchtlich, viel größer als bei unseren früheren Versuchsreihen, die mit ein und derselben Blutlösung angestellt wurden. Der Grund ist offenbar eine ungleichmäßige Verteilung der Fermente in der Bluttrockensubstanz; trotz feinster Pulverisierung gelingt es nicht, eine homogene Durchmischung zu erhalten. Diese Tatsache ist bei der Bewertung praktischer Fälle zu berücksichtigen, indem man innerhalb einer Spur stets mehrere Stellen untersucht und

als maßgebend den Durchschnittswert verschiedener Bestimmungen berücksichtigt.

2. Physikalische Einflüsse auf das Blut während des Trocknens.

Aus allgemeinen Überlegungen über die Haltbarkeit bzw. Zerstörbarkeit der Fermente mußten wir vermuten, daß die Bedingungen, unter welchen eine Blutspur trocknet, also diejenigen Einflüsse, die zeitlich zuerst auf die Blutspur einwirken, von entscheidender Bedeutung für den späteren Gehalt an Katalase bzw. an Peroxydase seien. Als praktisch wichtigste physikalische Faktoren stehen Temperatur, Feuchtigkeit und Strahlung, die alle den Trocknungsprozeß beeinflussen, an erster Stelle.

Mit 3 Blutproben führten wir diese Vorversuche durch. Bei den Proben W und R handelte es sich um Venenblut, das sofort nach der Punktion in Glasschälchen ausgespritzt wurde. Bei der Blutprobe H liegt Leichenblut von einer tödlichen Cyankalivergiftung (Suicid) vor. Das Blut wurde 12 Stunden nach Todeseintritt durch Herzpunktion aspiriert und wurde in gleicher Weise in Glasschälchen ausgespritzt. Der Trocknungsprozeß erfolgte bei allen 3 Proben unter verschiedenen Bedingungen, die aus der nachstehenden Tab. 12 ersichtlich sind. Die Quarzlampenbestrahlung geschah unter Vorschaltung eines UV.-Kondensors; die Temperatur der Blutprobe während der Strahlenwirkung hielt sich zwischen 23 und 25°.

Von allen 3 Blutproben wurden je 2 Bestimmungen durchgeführt. Die Peroxydasewerte sind in Colorimterzahlen angegeben.

Tabelle 12.

Bedingungen	Blut W		Blut R		Blut H	
	Kat.	Perox.	Kat-	Perox.	Kat.	Perox.
Zimmertemperatur, trocken nach 26 Stunden	44,2	90	41,0	90	35,7	90
	43,6	—[1]	40,9	80	33,0	94
Brutschrank 37°, trocken nach 8 Stunden	11,6	77,7	14,3	71	6,5	83
	10,3	82	12,3	70	7,5	70
Exsiccator, während 48 Stunden	47,8	78	46,1	82	48,2	85
	46,9	80	45,9	84	49,8	83
Eisschrank 0—3°, während 48 Std., dann Zimmertemperatur während 3 Tagen	23,3	48	51,9	45	35,4	58
	27,1	45	35,4	45	42,8	56
Feuchte Kammer, während 48 Std., dann Zimmertemperatur weitere 48 Stunden	30,3	72	30,9	71	32,7	78
	30,4	73	35,8	72	33,1	75
Quarzlampe, während 6 Std., dann Zimmertemp. während 30 Std.	14,4	78	21,8	76	17,1	81
	13,4	79	19,5	77	21,0	80

[1] wurde nicht bestimmt.

Diese Zusammenstellung beweist die Richtigkeit unserer Vermutung, daß die Trocknungsbedingungen für den späteren Fermentgehalt einer Blutspur von ausschlaggebender Bedeutung sind. Im allgemeinen ist die Peroxydase den verschiedenen physikalischen Einflüssen gegenüber, die beim Trocknungsprozeß herrschen können, widerstandsfähiger als die Katalase; die Peroxydase wird eigentlich nur durch tiefe Temperaturen wesentlich vermindert. Die Katalase dagegen läßt sich sowohl durch Wärme, durch tiefe Temperaturen wie durch Strahlung, weniger stark durch Feuchtigkeit zerstören.

3. Physikalische Einflüsse auf die Blutspur nach dem Eintrocknen.

Ist das Blut in der Spur vollständig eingetrocknet, dann werden die Fermente gegen Schädigungen verschiedenster Art widerstandsfähiger sein als in gelöstem Zustand. Bekannt ist ja, daß sowohl getrocknete Peroxydase wie Katalase sehr lange wirksam bleiben, während die Lösung rasch an Aktivität einbüßt. Die folgenden Versuche sollen den Einfluß der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Strahlung auf das Trockenblut abklären. Zur Bestrahlung verwendeten wir auch hier wie bei den späteren Versuchen eine Quarzlampe unter Zwischenschaltung eines UV.-Kondensors. Die Temperatur an der bestrahlten Stelle blieb zwischen 23 und 25°.

Zu unseren Versuchen verwendeten wir frisches Leichenblut, das wir in Glasschälchen ausgossen und bei Zimmertemperatur in dünner Schicht trocknen ließen. Nach vollkommener Austrocknung wurden dann die Proben desselben Blutes unter verschiedenen Bedingungen aufbewahrt.

Tabelle 13.

Aufbewahren während 3 Wochen:

Zimmertemperatur, Dunkelheit	9,6	(Katalase, Mittel aus ver-
Brutschrank 37°	5,9	schiedenen Bestimmun-
Eisschrank (0—3°)	9,1	gen, Peroxydase wurde
Feuchte Kammer (Zimmertemperatur)	4,3	nicht bestimmt).

Das gleiche Blut zeigte nach Bestrahlung mit der Quarzlampe während 8 Stunden einen Wert von 9,6. Nach Aufbewahrung bei Zimmertemperatur während $7^1/_2$ Monaten (Dunkelheit) war der Wert von 9,6 auf 7,5 gesunken.

Tabelle 14.

Bedingungen	Nach 5 Wochen		Nach 13 Wochen	
	Katalase	Peroxydase	Katalase	Peroxydase
Zimmertemperatur, diffuses Licht .	13,5	23	11,1	22
Brutschrank 37°	1,6	0	0	0
Eisschrank 0—3°	14,7	18	4,2	0
Feuchte Kammer, Zimmertemperatur	3,6	8	1,3	0

Die gleiche Blutprobe zeigt nach einer Aufbewahrung von $8^1/_2$ Monaten (Zimmertemperatur, Dunkelheit) einen Katalasewert von 11,9 und einen Peroxydasewert von 17; nach $11^1/_2$ Monaten ist der Katalasewert auf 9,7 gesunken; der Peroxydasewert zeigt an der untersuchten Stelle eine Colorimeterzahl von 23.

Die gleiche Blutprobe wird mit der Quarzlampe bestrahlt. Nach 20 Stunden Bestrahlungsdauer zeigt sich ein Katalasewert von 11,0 und ein Peroxydasewert von 26; die Werte sinken nach 80stündiger Bestrahlungsdauer auf 8,2 bzw. auf 23.

Tabelle 15.

	Katalase	Peroxydase
Ausgangswert einer Spur	8,8	19
Trockenschrank, 30 Minuten 101° .	8,1	19
Trockenschrank, 1 Stunde 122° . .	0,9	0

Die Fermente in der trockenen Blutspur sind also viel widerstandsfähiger als während des Trocknens. Immerhin sind sie gegen Wärme und Feuchtigkeit empfindlich, weniger empfindlich gegen Kälte. Die Einwirkung einer Temperatur von etwas über Null Grad vermag aber die Fermente während 13 Wochen fast vollkommen zu zerstören. In einer Blutspur dagegen, die trocken und im Dunkeln bei Zimmertemperatur aufbewahrt wird, sinkt der Gehalt an Fermenten außerordentlich langsam und offenbar mehr oder weniger gleichmäßig.

4. Der Einfluß der Unterlage.

Blutspuren, die sich für die quantitative Fermentbestimmung nach unserem Vorgehen eignen, werden nur auf bestimmten Unterlagen zustande kommen. Ideale Unterlagen sind glatte Gegenstände aus „neutralem" Material, das heißt aus Material, das mit dem aufgespritzten Blut keinerlei Bindungen, weder chemischer noch physikalischer Art, eingeht, also Glas, Metalle, Porzellan, evtl. Stein, Holz, Lack, Mauerbeläge usw. Von Stoffen werden sich saugkräftige, lockere Gewebe weniger eignen als festgewobene, flüssigkeitsabweisende. Wird das Blut unter Druck in die Unterlage eingepreßt, kommen Spuren zustande, die für unsere Zwecke ganz ungeeignet sind; in solchen Fällen müßten unsere Werte viel zu niedrig sein. Weiter besteht die Möglichkeit, daß wir übermäßig hohe Werte bekommen und zwar dann, wenn das Serum stärker als das Blutplasma von der Unterlage aufgenommen wird. Wir müssen ferner daran denken, daß zum Beispiel die Katalase in spezifischer Weise von der Unterlage absorbiert wird und wir dann neben hohen Peroxydasezahlen auffällig niedrige Katalasezahlen finden, und umgekehrt.

Von Stoffen eignen sich zur Krusten- und Schuppenbildung im allgemeinen schlecht: Seide, Kunstseide, Satin, Baumwollreps, dünner Baumwollstoff. In der Regel wird das aufgespritzte Blut sofort gleichmäßig in den Stoff eingesogen. Eine Isolierung von Bluttrockensubstanz ohne Mitnahme zahlreicher Gewebs-

fasern ist meist unmöglich. Selbstverständlich ist damit nicht gesagt, daß unter günstigen Umständen nicht auch auf solchen Stoffen Spuren entstehen, die unseren Forderungen entsprechen.

Starke Krusten- und Schuppenbildung beobachteten wir dagegen bei folgenden Stoffen: Cotton, Wollstoff, Leinwand. Wir erhielten aus experimentell angelegten Spuren, die wir mit frisch punktiertem Venenblut von einem gesunden Menschen herstellten, folgende Werte:

Tabelle 16.

Unterlage	Katalase	Peroxydase
Cotton	72,6	82
	33,0	53
Wollstoff, lose gewoben, Krusten weniger leicht lösbar als beim Cotton	30,5	50
	22,5	nicht bestimmt
Wollstoff, dicht gewoben, Krusten leicht lösbar	47,7	56
	59,9	nicht bestimmt
Leinwand, starke Krustenbildung . . .	34,1	60
	28,4	80

Die angegebenen Werte sind Mittelwerte aus verschiedenen Bestimmungen. Von jeder Unterlage wurden zwei verschiedene Stellen untersucht.

Mit einer zweiten Blutprobe wurde in genau gleicher Weise eine weitere Versuchsreihe angelegt. Von jeder Unterlage wurden 3 Stellen untersucht. Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Resultate sind wiederum Mittelwerte aus mehreren Bestimmungen.

Tabelle 17.

Unterlage	Katalase	Peroxydase
Glasplatte	29,0	43
	28,8	48
	29,8	44
Stoff aus dichtem Baumwollreps . . .	29,8	52
	28,2	58
	22,7	54
Grobgestrickte Wolle; Krusten weniger leicht lösbar als beim Reps	23,5	62
	21,7	58
	22,3	60

Unsere Versuche zeigen also, daß wir überall da, wo eine reichliche Krustenbildung des Blutes ohne Beziehung zur Unterlage eintritt, verwertbare Resultate erwarten dürfen. Die beträchtlichen Streuungen, die auch bei Verwendung desselben Blutes immer eintreten, sind durch zahlreiche Zufälligkeiten, die bei der Bildung der Spur, beim Trocknen derselben und bei der Materialsicherung bzw. -vorbereitung eintreten,

und für uns nicht erfaßbar sind, zu erklären. Nicht zuletzt sind sie mitbedingt durch Unvollkommenheiten unserer Methoden.

Untersuchung von Fällen, wie sie die forensische Praxis mit sich bringen wird.

In der Kleider- und Instrumentensammlung unseres Institutes stand für unsere Zwecke ein auf über 15 Jahre zurückreichendes Material zur Verfügung. Bei Verbrechen, Unglücksfällen, Selbstmorden usw. rückt jeweils der diensttuende Polizeiarzt mit der Alarmgruppe der Polizei auf den Tatort aus. Zur Hauptaufgabe des Arztes gehört die Sicherung medizinischer Spuren, namentlich auch die Sicherung der Kleiderspuren. Die Kleider werden jeweils, sofern sie irgendwelche Veränderungen aufweisen, im Einverständnis mit den Untersuchungsbeamten beschlagnahmt; sie kommen entweder mit der Leiche ins Leichenhaus und werden nachträglich untersucht, oder sie werden direkt ins Institut eingeliefert. Die Konservierung der Kleider erfolgt nach Lufttrocknung in sogenannten „Tatbestandskisten". Zum Schutz von Motten werden diesen Kisten jeweils einige Mottenkugeln (Paradichlorbenzol) beigegeben.

Die im folgenden untersuchten Spuren konnten also alle mehr oder weniger einen ähnlichen Prozeß durchmachen: sie trockneten nach Entstehung an der Luft aus, während das eigentliche Altern an trockenem, lichtgeschütztem Ort erfolgte. Selbstverständlich sind die physikalischen Bedingungen, die bei der Bildung der Spur herrschten (Temperatur, Feuchtigkeit, Besonnung), und die, wie wir feststellen konnten, für den späteren Ausfall der Fermentwerte von großer Bedeutung sind, nicht mehr genau rekonstruierbar.

Wir untersuchten vorwiegend solche Spuren, innerhalb welcher sich deutliche Blutkrusten oder -schüppchen, die sich ohne Widerstand und möglichst ohne Beimengungen von Stoffpartikelchen von der Unterlage abheben ließen, gebildet hatten. Innerhalb einer Spur wurden, sofern das Material ausreichte, stets mehrere Stellen bestimmt und daraus der Durchschnitt berechnet. In erster Linie wurde Material aus dem Zentrum einer Kruste untersucht, da zu vermuten war, daß hier die roten Blutkörperchen zahlreicher seien als an der Peripherie. Das der Kruste entnommene Material wurde dann äußerst fein pulverisiert, wobei eventuelle Stoffäserchen, Fibrinklümpchen usw. entfernt wurden.

Unsere Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle chronologisch zusammengestellt. Eine kurze Charakteristik des Falles ist jeweils beigegeben. Die Katalasewerte sind in $^{n}/_{10}$-Milligrammäquivalenten pro Milligramm Blutpulver angegeben, während die Peroxydasewerte in Colorimeterzahlen, ebenfalls auf das Milligramm Blutpulver bezogen, ausgedrückt sind.

Tabellarische Zusammenstellung der Untersuchungen.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
				1. Spuren älter als 9 Jahre.		
1	22 Jahre	Lina Pf.	Mord durch Beilschläge im Zimmer.	Linoleumteppich. Dicke Blutspuren, leicht abhebbar. Aufbewahrung bei diff. Tageslicht. Zwei Spuren.	8,5 7,8	0 0
2	17 Jahre	Marie P.	Lustmord durch Halsschnitte im Bett.	Leintuch. Reichliche, dicke, leicht abhebbare Blutspuren. Drei Spuren.	7,0 6,8 7,8	0 0 0
3				Kissenüberzug aus Baumwollstoff. Dicke, leicht abhebbare Krusten. Eine Spur.	4,4	0
4	14 Jahre	Ida St.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Barchenthemd. Diffuse blutige Durchtränkung. Spärliche Krusten, stellenweise jedoch gut lösbar.	6,8	0
5	13 Jahre	Sophie G.	Mord durch Erschlagen m. Hammer im Zimmer.	Barchenthemd. Diffuse blutige Durchtränkung. Spärliche, jedoch abhebbare Krusten.	6,4	0
6	13 Jahre	Reinhold G.	Mord durch Erschlagen m. Hammer im Zimmer.	Trikothemd, stark blutige Durchtränkung. Vereinzelte gut abhebbare Krusten.	1,8	0
7	12 Jahre 8 Mon.	Elisab. B.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Unterrock aus Baumwollreps. Vereinzelte glänzende, leicht abhebbare Blutschüppchen.	4,5	0
8				Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Reichliche, leicht abhebbare Blutschüppchen.	1,2	0
9				Untertaille aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche, leicht abhebbare Blutschüppchen.	2,2	0
10	12 Jahre 3 Mon.	Richard H.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Nachthemd aus Baumwolle. Reichliche, dicke, leicht abhebbare Krusten.	3,5	0
11	11 Jahre 7 Mon.	Lina H..	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Seidenbluse. Starke blutige Durchtränkung. Spärliche, leicht abhebbare Krusten.	8,3	0
12				Serviette aus Baumwolltuch. Vereinzelte leicht abhebbare Krust.	5,0	0
13	11 Jahre	WilfriedA.	Mord durch Erschießen im Freien. Trockenes Wetter. Sofort. Transport i. Leichenhaus.	Jacke aus dunklem Wollstoff, diff. blutig durchtränkt. An mehreren Stellen leicht lösbare Krust. Zwei Spuren.	6,2 2,0	0 0
14	10 Jahre 1 Mon.	Felix K.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus Wolltrikot. Reichlich Krustenbildung.	3,0	0

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
15	9 Jahre 3 Mon.	Frieda G.	Mord durch Erschießen im Wald. Trockenes Wetter. Sofort. Transport ins	Jacke aus Cheviotstoff. Spärliche, jedoch leicht abhebbare Krust. Zwei Spuren.	10,4 10,0	0 0
16			Leichenhaus.	Hut aus Stoff. Dicke, gut lösbare Krusten.	10,2	0
17	9 Jahre	Karl H.	Selbstmord durch Herzschuß. Nähere Umstände unbekannt.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Bildung spärlicher, adhärenter Krüstchen.	19,2	0
18				Weste aus glattem Wollstoff. Spärliche adhärente Krüstchen.	20,9	0

Fälle zwischen 9 und 7 Jahren stehen uns keine zur Verfügung.

2. Fälle zwischen 7 und 2 Jahren.

19	6 Jahre 7 Mon.	Giovanni M.	Mord durch Erstechen im Zimmer.	Mantel aus dickem Wollstoff, reichliche Krusten, gut abhebbar.	14,5	29
20				Überbluse aus Baumwollstoff. Reichl. gut abhebbare Krusten.	23,0	0
21				Hemd aus Baumwolltrikot. Zahlreiche, leicht abhebbare Krüstch.	15,1	13
22	6 Jahre 5 Mon.	Albert Sp.	Selbstmord durch Herzschuß im Freien. Sofrt.	Hemd aus Baumwollstoff. Reichlich kleine, abhebbare Blutkrst.	12,0	0
23			Transport ins Leichenh. Trockenes Wetter.	Hemd aus Baumwolltrikot. Bildung massiger Krusten, leicht abstreifbar.	8,4	0
24	5 Jahre 7 Mon.	Max K.	Selbstmord durch Erschießen, Zimmer.	Herrenhemd aus Seidenpopeline. Zahlreiche, leicht lösbare Krust.	16,1	27
25	5 Jahre 7 Mon.	Pauline K.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Vereinzelte Krusten, die leicht absplittern.	16,4	25
26				Unterrock aus Kunstseidentrikot. Reichlich gut lösbare Krusten.	12,1	23
27	5 Jahre 4 Mon.	Marie C.	Tödlicher Autounfall. Sofort. Transport ins Lei-	Barchentunterrock, reichlich leicht lösbare Krusten.	18,2	24
28			chenhaus.	Barchenthose. Zahlreiche gut lösbare Krusten. Material für Peroxydasekontrolle nicht ausreich.	19,4	13
29	5 Jahre 2 Mon.	Paul D.	Tödlicher Autounfall. Sofortiger Transport ins Leichenhaus. Trock. Wetter.	Hose aus glattem Wollstoff. Zahlreiche Blutkrusten, leicht lösb.	18,0	11
30	5 Jahre 1 Mon.	Viktor B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transport ins Leichenhaus. Trock. Wetter.	Weste aus glattem Wollstoff. Spärliche Blutkrüstchen, nur zur Katalasebestimmung ausreichend.	17,3	—
31	5 Jahre	Walter D.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transport ins Leichen-	Bluse aus glatter dünner Seide, reichl. Krustenbildung, gut lösb.	14,5	19
32			haus. Trockenes Wetter.	Tasche aus Baumwollstoff. Spärliche Krusten, leicht lösbar, nur zur Katalasebestimm. ausreich.	15,4	—

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
33	4 Jahre 11 Mon.	Charlotte F.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus Barchentstoff. Reichl. Blutkrusten, mit Erbrochenem verunreinigt.	7,6	0
34	4 Jahre 8 Mon.	Franz B.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus Baumwollpopeline. Zahlreiche, leicht lösbare Blutkrust.	17,0	14
35	4 Jahre 4 Mon.	Albert M.	Mord durch Erschießen auf Straße. Sofort. Transp. ins Leichenhaus.	Hemd aus glattem Baumwollstoff. Spärliche adhärente Blutkrüstchen, stark eingesogen.	14,5	0
36				Unterleibchen aus Baumwolltrik. Blut stark eingesogen. Spärlich. adhärente Krüstchen.	8,0	0
37	4 Jahre $^1/_2$ Mon.	Klara Sch.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Mantel aus dünnem Wollstoff. Bildung zahlreicher, leicht lösbarer Schüppchen.	30,3	10
38				Kleid aus Kunstseide. Spärliche dünnste Blutkrüstchen, gut lösb.	31,4	12
39	3 Jahre 11 Mon.	Hans K.	Mord durch Kopfschuß auf Straße. Sofort. Transp. ins Leichenhaus. Trock. Wetter.	Hut aus Wollfilz, starke Krusten, nicht adhärent.	23,0	13
40	3 Jahre 11 Mon.	Elisabeth Sch.	Mord durch Halsschnitte i. Wald. Sofort. Transport ins Spital. Tod nach Einlieferung.	Kleid aus dünnem Baumwollstoff. Dicke, abhebbare Blutkrusten.	14,3	33
41	3 Jahre 4 Mon.	Margrit S.	Tödl. Motorradunfall. Sof. Transport ins Spital. Tod nach Einlieferung.	Trikothose aus Kunstseide. Reichlich Krustenbildung, Krusten jedoch mit Erbrochenem stark durchsetzt.	13,9	9
42	2 Jahre 4 Mon.	Jules W.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus glattem Baumwollstoff. Vereinzelte dicke, abspringende Krusten.	20,2	26
			3. Fälle zwischen 2 und 1 Jahren.			
43	1 Jahr 10 Mon.	Ida Sch.	Mord durch Erschießen im Treppenhaus.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Ganz vereinzelte lösbare Krüstchen. Peroxydase wegen Materialmangel nicht bestimmbar.	24,3	—
44				Unterrock aus Kunstseidentrikot. Spärliche, leicht lösbare Krüstchen. Peroxydase wegen Materialmangel nicht zu bestimmen	29,0	—
45	1 Jahr 9 Mon.	Frieda St.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transport ins Leichenhaus. Strömend. Regen.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche, leicht lösbare Krüstchen.	19,5	23

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
46	1 Jahr 8 Mon.	Bernhard K.	Tödl. Eisenbahnunfall. Sof. Transport ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Wintermantel aus dick. Wollstoff, sehr saugfähig. Keine lösb. Krüstchen. Material muß abgeschabt werden. Im Blutpulver zahlreiche Stoffasern. Peroxydase nur einm. bestimmt weg. Materialmangel.	11,5	6
47	1 Jahr 7 Mon.	Theophil Th.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus glattem Baumwollstoff. Zahlreiche, leicht abhebb. Krust.	40,8	45
48				Wollweste aus lockerem Gewebe. Vereinzelte Blutkrusten gut lösb.	21,4	40
49				Hosenträger. Krustenbildung auf der Metallspange. Material für Peroxydase nicht ausreichend.	48,8	—
50	1 Jahr $4^1/_2$ M.	Alfred L.	Selbstmord durch Schuß. Bett.	Taschentuch aus dünnem Baumwollstoff. Zahlreiche abbröckelnde Krusten.	17,5	30
51	1 Jahr 4 Mon.	Nelly B.	Mord durch Erschießen im Zimmer.	Tasche aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche, leicht adhärente Krüstchen.	12,3	23
52	1 Jahr 4 Mon.	Frieda M.	Tödl. Eisenbahnunfall im Tunnel. Sofort. Transp. ins Leichenhaus.	Mantel aus Wollgabardine. Spärliche Krustenbildung, leicht adhärent.	25,5	44
53	1 Jahr 3 Mon.	Karl Z.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Lismer aus gestrickter Wolle. Vereinzelte leicht adhärente Blutkrüstchen.	22,0	19
54	1 Jahr 2 Mon.	Robert K.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Rock aus dünnem glattem Wollstoff. Zahlreiche Krusten, leicht abhebbar.	26,2	50
55	1 Jahr 1 Mon.	Lina R.	Mord durch Messerstiche im Zimmer.	Hose aus Trikotkunstseide. Zahlreiche, leicht abhebbare Krust.	15,1	19
56				Unterrock aus Wolltrikot. Reichliche, leicht abhebbare Krusten.	22,6	12
57				Kleid aus glattem Baumwollstoff. Reichl., leicht lösbare Krusten.	10,5	25
58	1 Jahr 1 Mon.	Josef E.	Tödl. Autounfall. Trockn. Wetter. Sofort. Transp. ins Leichenhaus.	Rock aus dickem Wollstoff. Zahlreiche, dicke, leicht lösbare Krusten.	34,0	45
			4. Blutspuren weniger als 1 Jahr alt.			
59	337 Tage	Eduard Sch.	Selbstmord durch Schuß i. Zimmer.	Hemd aus Seidentrikot. Vereinzelte dünnste Krüstchen, leicht abhebbar.	15,3	20
60	307 T.	Luise St.	Mord durch Stiche u. Erwürgen im Zimmer.	Hemd aus Barchentstoff. Vereinzelte, adhärente Krüstchen.	16,1	32
61				Handtuch aus saugfähigem Frottierstoff. Zahlreiche, leicht lösbare Krusten.	11,1	62

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
62	286 T.	Jakob G.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Hemd aus glattem Baumwollstoff. Zahlreiche Krüstchen, leicht abspringend.	20,9	21
63				Rock aus glattem Wollstoff. Reichlich dicke, abspringende Blutkrusten. Zwei Spuren unterscht.	25,1 33,8	30 50
64	180 T.	Marta Z.	Lustmord durch Halsschnitte. Leiche nach d. Tat ins Wasser geworf.	Kleid aus Kunstseide. Verwaschene Blutspuren, vereinzelt. dünne Krüstchen.	8,7	32
65				Gestrickte Wollweste. Ganz spärliche Krüstchen, etwas adhärent. Katalase wegen Materialmangel nicht bestimmt.	—	34
66	169 T.	Cäcilie H.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Feinste, leicht abspringende Krüstchen.	12,5	58
67				Jumper aus gehäkeltem Wollgarn. Spärliche Krusten, adhärent.	10,5	23
68				Rock aus glattem Baumwollstoff. Vereinzelte, leicht lösb. Schüppchen. Peroxydase an 3 Spuren bestimmt. Katalase wegen Materialmangel nicht bestimmt.	—	46 43 47
69	149 T.	Albert R.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Pullover aus gestricktem Wollstoff. Spärliche, leicht adhärent. Krüstchen. Katalase nicht bestimmt.	—	47
70	139 T.	Anna S.	Selbstmord durch Erschießen im Zimmer.	Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Vereinz. leicht lösbare Krüstch.	29,3	26
71				Gürtel aus ziemlich saugfähigem Baumwollstoff. Vereinz. dicke Krusten.	25,2	18
72	137 T.	Hans B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Hose aus dickem Wollstoff. Spärliche, leicht adhärente Krusten. Katalase nicht bestimmt.	—	58
73	130 T.	Gottfr. B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Taschentuch aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche Blutkrust., leicht adhärent. Katalase nicht bestimmt.	—	42
74				Hemd aus glattem Baumwollstoff. Spärliche Krüstchen, verunreinigt mit Schmutz. Katalase nicht bestimmbar.	—	32
75	124 T.	August B.	Selbstmord durch Schuß im Zimmer.	Rock aus dickem Wollstoff. Reichliche, nicht adhärente Krusten. Stoff sehr saugkräftig.	5,9	26

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
76	118 T.	Johann Z.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Pelerine aus dickem, sehr saugkräftigem Lodenstoff. Spärliche adhärente Krusten.	10,5	42
77	100 T.	Albert R.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Pullover aus gestricktem Wollstoff. Spärliche, leicht adhärent. Krüstchen. Peroxydase s. Nr. 69.	20,6	—
78				Krawatte aus Seidenstoff. Spärliche Krüstchen. Kontrollen wegen Materialmangel nicht mögl.	12,8	31
79	98 Tage	Gottfr. M.	Tod durch Schuß (Selbstmord?) in Holzschopf.	Hose aus Whipcordstoff, diffus mit Blut verschmiert. Zahlreiche, dicke, adhärente Krusten; saugfähiger Stoff.	6,4	32
80	96 Tage	Jakob F.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Hut aus dickem Wollfilz. Reichlich, dicke, leicht lösbare Krust.	24,8	86
81	93 Tage	Jules H.	Tödl. Eisenbahnunfall. Sof. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Gestrickte Wollweste. Zahlreiche, gut lösbare Krusten.	39,6	48
82	85 Tage	Eugen N.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Unterhose aus Wolltrikot. Spärliche Krusten, leicht adhärent.	35,1	33
83	72 Tage	Verena Sch.	Selbstmordversuch durch Schnitte in den Vorderarm. Todesursache:	Hemd aus dünner glatter Rohseide	31,3	53
				Reichliche Blutkrusten. Zwei Spuren untersucht.	37,4	52
84			Leuchtgasvergiftung im Badezimmer. Trockene Verhältnisse.	Bademantel aus dickem Frottierstoff. Reichliche Krusten.	33,4	40
				Zwei Spuren untersucht.	38,9	42
85				Handtuch aus dickem Frottierstoff. Starke Krusten.	47,3	38
				Zwei Spuren untersucht.	36,1	38
86				Dicke Wolldecke. Reichl. Krusten.	39,9	38
				Zwei Spuren untersucht.	37,3	29
87	65 Tage	Hans B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Gewobener Wollpullover. Vereinzelte, gut lösbare, nicht adhärente Bluttropfen. Katalase nicht bestimmt.	—	52
88	65 Tage	Barbara M.	Selbstmord durch Halsschnitte im Zimmer.	Untertaille aus dünnem Baumwollstoff. Reichlich Krusten.	31,7	80
89	63 Tage	Walter B.	Tödl. Autounfall bei strömendem Regen. Kleider total durchnäßt. Sofort. Transp. ins Leichenhaus.	Hose aus Wollgabardine. Spärliche, leicht adhärente Krusten.	24,1	23
90				Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Starke Krustenbildung. Krust. leicht zu lösen.	43,4	54
91				Unterhose aus Baumwolltrikot. Saugfähiger Stoff. Spärliche Krusten, leicht adhärent.	13,4	26

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
92	61 Tage	Wilhelm M.	Selbstmord durch Schuß i. Zimmer.	Zahnprothese (Gaumenplatte). Spärliche Krüstchen, mit Speichel durchmischt. Peroxydase wegen Materialmangel nicht bestimmbar.	19,4	—
93	54 Tage	Heinrich P.	Vorsätzliche Körperverletzung durch Hammerschläge auf den Kopf.	Hammer aus Hartholz. Reichlich, gut abhebbare Krusten. Katalase an 6 Stellen, Peroxydase an 4 Stellen untersucht	31,1 37,0 37,1 39,6 43,0 49,2	43 47 48 50 — —
94	52 Tage	Otto K.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Mantel aus dickem Wollstoff. Zahlreiche, eingetrocknete, leicht lösbare Bluttropfen.	40,2	40
95				Halstuch aus dickem Wollstoff. Spärliche Krusten, gut lösbar, mit Fäserchen vermischt.	35,8	45
96				Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche Krüstchen, die abgekratzt werden.	34,9	46
97				Kragen aus Baumwollstoff. Spärl. Krüstchen. Peroxyd. wegen Materialmangel nicht bestimmbar.	21,6	—
98				Unterleibchen aus saugkräftigem Baumwollstoff (Trikot). Spärliche adhärente Krusten.	12,7	35
99	44 Tage	Johann B.	Selbstmord durch Kopfschuß im Zimmer.	Hemd aus Baumwollpopeline. Dicke Krusten, leicht löslich.	12,7	62
100				Hose aus Cheviotstoff. Vereinzelte eingetrocknete Bluttropfen, leicht lösbar.	31,7	46
101	43 Tage	Emilie L.	Natürlicher Tod im Zimmer. Blutung aus kleiner Kopfwunde.	Bluse aus dünnem Seidenkrepp. Spärliche, leicht lösbare Krusten.	31,5	31
102	28 Tage	Gedeone B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Mantel aus dickem Wollstoff. Dünne Krüstchen, mit Fäserchen vermischt, leicht lösbar.	46,0	61
103				Hut aus dickem Filz. Starke Verkrustung, Krusten leicht abhebbar.	35,7	76
104	26 Tage	Hans B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Hose aus dickem Wollstoff. Spärliche, leicht adhärente Krusten. Peroxydase siehe Nr. 73.	16,7	—
105				Gewobener Wollpullover. Vereinzelte, gut lösbare, nicht adhärente Bluttropfen. Peroxydase siehe Nr. 87.	26,5	—

Fortsetzung der Tabelle.

Nr.	Alter der Blutspuren	Name	Todesursache	Unterlage	Kat.	Per.
106	20 Tage	Robert K.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Rock aus glattem Wollstoff. Spärliche, nicht adhärente Krusten.	53,6	36
107	19 Tage	Gottfr. B.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Taschentuch aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche Blutkrust., leicht adhärent. Peroxydase s. Nr. 73.	28,7	—
108	13 Tage	Johann H.	Tödl. Motorradunfall. Sof. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Lederjacke. Reichliche Krusten, gut abhebbar.	40,5	70
109				Handschuhe aus Leder. Reichliche Krusten, leicht lösbar.	44,7	70
110				Rock aus glattem Wollstoff. Krusten gut lösbar.	48,5	61
111				Hose aus glattem Wollstoff. Gut lösbare Krusten.	33,9	64
112				Hemd aus dünnem Baumwollstoff. Spärliche Krüstchen, etwas adhärent, mit Stoffasern vermischt	23,5	48
113	12 Tage	Anna H.	Mord durch Erschießen im trockenen Keller.	Bluse aus dünnem Baumwollstoff. Blutkrusten leicht lösbar.	45,5	60
114				Schürze aus Baumwollstoff. Spärliche Krusten, leicht adhärent, mit Fäserchen vermischt.	35,4	48
115				Rock aus Baumwollstoff. Spärliche, leicht adhärente Krüstch.	40,1	62
116	9 Tage	Karolina G.	Mord durch Erschießen im Treppenhaus.	Dünnes Baumwollhemd, reichliche, leicht lösbare Krusten.	49,0	53
117	8 Tage	Johann C.	Tödl. Autounfall. Sofortig. Transp. ins Leichenhaus. Trockenes Wetter.	Weste aus glattem Wollstoff. Spärliche, leicht adhärente Krüstch. Zwei Spuren untersucht. Kontrollen wegen Materialmangel nicht möglich.	42,8 36,2	26 25

Abschließende Bemerkungen.

In Blutspuren lassen sich Katalase und Peroxydase mit relativ einfachen Methoden quantitativ nachweisen. Die große Streuung in den Resultaten bei der Untersuchung gleichartiger und gleichaltriger Spuren hat zahlreiche Ursachen. Einmal sind die Fermentzahlen im frischen Blut von Individuum zu Individuum verschieden; sie schwanken aber auch innerhalb desselben Individuums in beträchtlichen Grenzen. Dazu kommt, daß die Unterlage, auf welcher eine Blutspur zustande kommt, sowie die Trocknungs- und Alterungsbedingungen (Feuchtigkeit, Temperatur, Strahlung) für den späteren Fermentgehalt von entscheidender Bedeutung sind. Die Peroxydase ist den verschie-

denen Einflüssen gegenüber im ganzen widerstandsfähiger als die Katalase.

Bei Blutspuren, deren Entstehungs-, Trocknungs- und Alterungsbedingungen mehr oder weniger bekannt sind, kann die quantitative Bestimmung der Katalase und der Peroxydase zur Altersschätzung mit herangezogen werden.

Zur Altersbestimmung eignen sich Blutspuren, die nach Entstehung ohne Verbindung mit der Unterlage und ohne Verunreinigung durch Schmutz, Erbrochenes, Urin, Stuhl usw. rasch lufttrocknen und die den Alterungsprozeß an lichtgeschütztem, trockenem Ort bei Zimmertemperatur durchmachen konnten.

Sehr hohe Katalase- *und* Peroxydasewerte (über 40 $^{n}/_{10}$-Milligrammäquivalente bzw. Colorimeterzahlen) fanden wir lediglich bei frischen Spuren, das heißt bei Spuren, die Wochen bis Monate alt sind.

Ein hoher Katalase- oder Peroxydasewert allein spricht ebenfalls dafür, daß eine frische Spur vorliegt; eine solche Spur wird wahrscheinlich nicht älter als 2 Jahre sein.

Mittlere Werte (10—30) sind wegen der großen Streuungen im Fermentgehalt des Blutes und wegen der zahlreichen, nicht erfaßbaren Fehlerquellen, die bei der Entstehung, beim Trocknen und beim Altern einer Blutspur einwirken können, nicht verwertbar. Es wird sich bei mittleren Fermentwerten vorwiegend um Blutspuren handeln, die einige Jahre alt sind, wobei wir aber nicht auszuschließen vermögen, daß nicht relativ frische Spuren vorliegen.

Von Blutspuren, die tiefe Werte (0—10) zeigen, dürfen wir ausnahmslos ein Alter von mindestens mehreren Jahren annehmen.

Trotzdem unsere Untersuchungen keine abschließende Bedeutung erlangen können, weil das uns zur Verfügung stehende Material in seiner Auswahl beschränkt ist, müssen wir auf Grund unserer Resultate empfehlen, die quantitative Fermentbestimmung in jedem geeigneten Fall neben den anderen Methoden (Löslichkeit, Spektrum, Belichtungsmethode nach *Schwarzacher*) für die Altersbestimmung beizuziehen. Namentlich bei sehr alten Spuren werden uns dadurch unter Umständen Schlüsse ermöglicht, die wir mit den bisherigen Methoden allein nicht ziehen durften. Auf alle Fälle wird die Fermentbestimmung dazu beitragen, die Sicherheit unserer Schlußfolgerungen zu erhöhen.

Als nächsten Schritt stellt sich die Aufgabe, unser Kleidermaterial vergleichend, das heißt unter Verwendung verschiedener Methoden zu untersuchen. Ergänzend soll dann gleichzeitig versucht werden, als Ausgangsmaterial nicht Blutpulver zu verwenden, sondern mit Blut durchtränkte Stoffstellen, in denen die Blutmenge nicht durch Wägung, sondern durch quantitative Bestimmung des Eisengehaltes ermittelt wird.

Möge die vorliegende Veröffentlichung dazu beitragen, daß dem schwierigen und deshalb wohl vernachlässigten Problem der Altersbestimmung einer Blutspur auch von anderen Untersuchern erneutes Interesse zugewandt werde.

Literaturverzeichnis.

1. Allgemeines.

Alke, Rudolf, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **1**, 52 (1922). — *Lecha-Marzo*, zit. nach *Leers*. — *Leers, Otto*, Die forensische Blutuntersuchung. Berlin: Verlag Julius Springer 1910. — *Medinger, P.*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **20**, 74 (1933). — *Minett*, zit. nach *Schwarzacher*. — *Schech, Eustach*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **15**, 343 (1930). — *Schwarzacher*, Dtsch. Z. gerichtl. Med. **15**, 119 (1930); hier siehe auch weitere ältere Literatur.

2. Katalase.

Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. IV, Teil 1. — *Akiji, Fujita* u. *Takeshi, Kodama*, Biochem. Z. **232**, 20 (1931). — *Alexeeff, A. I.*, Ž. eksper. Biol. i Med. **107** (1926); **8**, 223 (1927) — Biochem. Z. **192**, 41 (1928); **207**, 28 (1929); **216**, 301 (1929) — Izv. biol. Inst. perm. Univ. **7**, 443 (1931). — *Alexeeff, A. I., K. I. Russinowa* u. *A. Jaroslavzev*, Izv. biol. Inst. perm. Univ. **6**, 463 (1929). — *Alexeeff, A. I.*, u. *K. I. Russinowa*, Biochem. Z. **231**, 460 (1931). — *Bach, A.*, u. *Sophie Zubkowa*, Biochem. Z. **125**, 283 (1921). — *Bach, E.*, Biochem. Z. **227**, 221 (1930). — *Bach, E.*, u. *B. Korpassy*, Klin. Wschr. **1931** II, 2312. — *Barelli, Luigi*, Riforma med. **1933**, 1889. — *Berlin, M., M. Tschalissow* u. *W. Brailovsky*, Mediko-biolog. Ž. **134** (1925). — *Bernstein, Alexander*, Biochem. Z. **179**, 304 (1926); **179**, 313 (1926). — *Brailovsky, W., M. Tschalissow* u. *M. Berlin*, Z. Neur. **98**, 743 (1925). — *Castagna, Stefano*, Biochimica e Ter. sper. **13**, 48 (1926) — Arch. Sci. biol. **10**, 118 (1927); **10**, 125 (1927) — Studi Sassar. **6**, 369 (1928) u. Arch. Farmacol. sper. **45**, 209 u. 241 (1928). — *Cattaneo, Luis*, Rev. Especial. méd. **5**, 286 (1930) — Rev. Criminologia etc. **17**, 159 (1930). — *Delhougne, Franz*, Dtsch. Arch. klin. Med. **165**, 213 (1929); **165**, 371 (1929). — *Deutsch, Ladislaus*, Strahlenther. **48**, 114 (1933). — *Deutsch, L.*, u. *J. Frankl*, Z. Krebsforsch. **40**, 98, (1933). — *Euler, Hans*, u. *Karl Josephson*, Liebigs Ann. **452**, 158 (1927). — *Francke, Gert*, Biochem. Z. **222**, 416 (1930). — *Cargarina, E. D.*, u. *W. D. Jankowsky*, C. r. Soc. Biol. Paris **97**, 481 (1927). — *Hallay, Imre*, Z. klin. Med. **1932**, 230. — *Healy, James C.*, and *Henry Baker*, J. Labor. a. clin. Med. **19**, 133 (1933). — *Hiroshige, Kurokawa*, Tohoku J. exper. Med. **14**, 520 (1930). — *Iglauer, Karl*, Biochem. Z. **223**, 470 (1930). — *Iwanitzky-Wassilenko, E.*, u. *A. Bach*, Biochem. Z. **148**, 469 (1924). — *Jarovoj, A.*, Ž. eksper. Biol. i Med. **13**, 72 (1929). — *Jusatz, H. J.*, Klin. Wschr. **1932** II, 1188. — *Kadzue, Nosaka*, J. of Biochem. **8**, 275 (1928). — *Koeppe, Hans*, Strahlenther. **34**, 598 (1929). — Münch. med. Wschr. **1931** II, 1642; **1933** I, 332. — *Kondo, Sutetaro*, Acta Scholae med. Kioto **15**, 225 (1932). — *Krätschell, Ursula*, Arch. Kinderheilk. **100**, 139 (1933). — *v. Krüger, F.*, Biochem. Z. **212**, 21 (1928); **218**, 26 (1930). — *v. Krüger, F.*, u. *H. Schuhknecht*, Z. vergl. Physiol. **8**, 635 (1928). — *Kudo, F.*, J. of orient. Med. **14**, 1 (1931). — *Kultjugin, A.*, Biochem. Z. **167**, 238 (1926); **167**, 241 (1926) — Ž. eksper. Biol. i Med. **1** (1925). — *Kynsaburo, Sato*, J. of orient. Med. **6**, 129 (1927). — *Magat, J.*, Z. exper. Med. **42**, 95 (1924). — *Marchionini, Alfred*, u. *Berta Ottenstein*, Z. physik. Ther. **43**, 271 (1932). — *Morgulis, Sergius*, Erg. Physiol. **23**, 308 (1924) — Amer. J. Physiol. **90**, 455 (1929) — Biochem. Z. **221**, 29 (1930). — *Morgulis, Sergius, M. Beber* u. *I. Rabkin*, J. of biol. Chem. **68**, 521 (1926). — *Morgulis, Sergius*, u.

M. Beber, J. of biol. Chem. **72**, 91 (1927); **77**, 115 (1928). — *Nizi, Kôzi*, Bult. jurmed. Inst. Nagasaki (esper.) **3**, 11 (1931). — *Palleske*, Ärztl. Sachverst.ztg **19**, 387 (1905) u. Vjschr. gerichtl. Med. III. F. **29**, 331 (1905). — *Peemöller, Fr.*, u. *H. Franke*, Strahlenther. **21**, 165 (1925). — *Pfannenstiel, W.*, u. *H. J. Jusatz*, Z. exper. Med. **90**, 540 (1933). — *Prawdicz-Neminski, W. W.*, Biochem. Z. **192**, 144 (1928). — *Prisco, Luigi*, Arch. Farmacol. sper. **55**, 123 (1933). — *Radeff, T.*, Biochem. Z. **220**, 445 (1930). — *Regenbogen, J. H.*, Le rôle biologique de la catalase dans le métabolisme d'énergie. Paris: Gaston Doin u. Co. 1932. — *Rigoni, Mario*, Biochimica e Ter. sper. **16**, 489 (1929) — Arch. di Fisiol. **28**, 482 (1930); **28**, 537 (1930). — *Sachs, Ilse*, u. *Herbert Zander*, Biochem. Z. **183**, 426 (1927). — *Seligsohn, Franz*, Biochem. Z. **168**, 457 (1926). — *Steppuhn, O.*, u. *A. Timofejewa*, Biochem. Z. **146**, 108 (1924). — *Stern*, Biochem. Z. **182**, 139 (1927). — *Takayama, Shiro*, Acta Scholae med. Kioto **8**, 437 (1926). — *Tsuchihashi, Mitsutaro*, Biochem. Z. **140**, 63 (1923). — *Viale, Gaetano*, Atti Accad. naz. Lincei **33**, 290 (1924); **33**, 314 (1924). — *Warburg, Otto*, u. *Fritz Kubowitz*, Biochem. Z. **227**, 184 (1930). — *Wladimirow, G. E.*, Biochem. Z. **192**, 83 (1928). — *Yoshida, Y.*, Verh. jap. Ges. inn. Med. **1926**, 100. — *Zatti, C.*, et *G. Miraglia*, Riforma med. **42**, 987 (1926). — *Zubkowa, S.-R.*, et *E.-N. Riakhina*, C. r. Soc. Biol. Paris **97**, 524 (1927).

3. Peroxydase.

Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. IV, Teil 1. — *Bach* u. *Zubkowa*, Biochem. Z. **125**, 283 (1921). — *Bach* u. *Kultjugin*, Biochem. Z. **167**, 227 (1926). — *Bansi, H. W.*, Klin. Wschr. **3**, 927 (1924). — *Hammerich*, Biochem. Z. **241**, 384 (1931). — *Johnson, Clarence A.*, Arch. of Path. **1933**, 667. — *Nikolajew, K.*, Biochem. Z. **194**, 244 (1928). — *Smirnow, A. J.*, Biochem. Z. **155**, 1 (1925). — *Ucko, H.*, u. *H. W. Bansi*, Hoppe-Seylers Z. **159**, 235 (1926). — *Velicogna* u. *Viziano*, Policlinico Sez. prat **1932**, 287.