

## Der Einfluß pedologischer Unterschiede auf die Mengenbestimmung und Erfäßbarkeit serologischer Eigenschaften von Blutspuren im Erdboden\*

Susanne Kijewski und Uta von Mülmann

Institut für Rechtsmedizin der Universität Göttingen (BRD)

Eingegangen am 12. September 1974

### The Influence of Soil Differences in Determining the Quantity and Recognizability of Serological Properties of Blood Traces in the Earth

*Summary.* In order to test the influence of soil differences in determining the quantity and recognizability of serological properties of blood traces in the earth 6 different pedologically examined soil samples of the area of Lower Saxony were impregnated with human blood and tested in two series with reference to the passage of time in dry and damp conditions.

The determination of blood quantity by the protein-elution method of Schulz and the cyan-methaemoglobin method of Schleyer was basically possible in all soils. The results of the colour method were more constant and less subject to interference. Decreasing values from 100 down to 13% in the order: sand — Rendsina chalk — garden soil — water meadow loam — clay — humus were to be found, chiefly depending on the size of the particles in the various samples. In damp condition the values dropped to zero after 3 days already.

The immediate determination of the AB0 blood groups with the absorption technique only proved possible in the case of blood traces in washed sand. All other soils demand enrichment procedures. One might take NaCl extraction and ascending chromatography on strips of filter-paper or (preferably!) concentrate an initially large quantity of elution fluid.

A determination of the Gm factors, however, is only possible on unprepared material. The enrichment procedures often lead to a falsely positive determination of the factors. Testing of AB0 groups was most unfavourably influenced by loam, that of Gm by clay and chalk soils.

All results may be disturbed by humin- and non-humin substances and any metabolism of microorganisms, which of course is especially noticeable in damp humus soil. In practice therefore the samples must be dried as soon as possible.

*Zusammenfassung.* Um den Einfluß pedologischer Unterschiede auf die Mengenbestimmung und Erfäßbarkeit serologischer Eigenschaften von Blutspuren im Erdboden festzustellen, wurden 6 verschiedene, bodenkundlich definierte Bodenproben des südniedersächsischen Raumes mit menschlichem Blut versetzt und in zwei Versuchsreihen mit trockenen und feuchten Böden auch der Einfluß der Lagerungszeit geprüft.

Die Blutmengenbestimmung mit der Eiweiß-Elutions-Methode nach Schulz und der Cyan-Hämoglobin-Methode nach Schleyer war grundsätzlich in allen Böden möglich. Konstanter und weniger störanfällig sind die Ergebnisse der Farbstoffbestimmung. Es fanden sich, hauptsächlich in Abhängigkeit von der Teilchengröße der jeweiligen Erdprobe, von 100 bis 13% abnehmende Werte in der Reihenfolge Sand — Rendsinakalk — Gartenerde — Auenlehm — Ton — Humus und in feuchtem Zustand ein Absinken auf 0 schon nach 3 Tagen.

\* Auszugsweise vorgetragen auf der 4. Tagung der Gesellschaft für Forensische Blutgruppenkunde e.V., Trier, 18.—20. 9. 1972.

Die direkte Blutgruppen-(AB0-)Bestimmung im Absorptionsversuch war nur aus Blutspuren in gereinigtem Sand möglich. Bei allen anderen Böden sind Anreicherungsverfahren erforderlich. In Frage kommt NaCl-Extraktion und aufsteigende „Chromatographie“ an Filterpapier-Keilstreifen oder (besser!) das Eindampfen einer primär großen Menge von Elutionsflüssigkeit.

Die Gm-Bestimmung gelingt dagegen nur an nichtaufbereitetem Material. Die Anreicherungsverfahren führen öfter zu fälschlich positiver Bestimmung der Faktoren. Die AB0-Bestimmung wurde durch Lehmböden, die Gm-Bestimmung durch Ton- und Kalkböden am ungünstigsten beeinflusst.

Alle Bestimmungen können durch Einflüsse von Humin- und Nichthuminstoffen, insbesondere aber etwaige Ab- und Umbautätigkeit von Mikroorganismen beeinflusst werden, was naturgemäß bei feuchten Humusböden besonders deutlich wird. In der Praxis müssen die Proben deshalb möglichst frühzeitig getrocknet werden.

*Key words:* Blutgruppen, Mengenbestimmung und Erfäßbarkeit im Erdboden — Blutspuren, im Erdboden — Spurenkunde, Blutspuren im Erdboden.

Seit der ersten Mitteilung über einen quantitativen Blutnachweis von Strassmann u. Ziemke [23] ist eine Reihe von Methoden zur Blutmengenbestimmung angegeben worden [6, 9, 12, 18, 20, 26], die von Schleyer [18] zusammengestellt und vergleichend geprüft wurden. Die meisten Autoren untersuchten glatte Unterlagen und Textilien, einige auch Erdproben, wobei erst in neuerer Zeit auf mögliche Unterschiede in den adsorptiven Eigenschaften der diversen Böden hingewiesen wurde [1, 17]. Über den Einfluß der Vermengung von Blut mit Erdbestandteilen auf die Nachweisbarkeit von Blutgruppensubstanzen wurde bisher noch nicht systematisch gearbeitet.

Im folgenden wird über Versuche berichtet, in denen unter pedologischer Charakterisierung verschiedener Erdproben der Einfluß von Bodeneigenschaften und Bestandteilen auf die Erfäßbarkeit von Menge und Gruppenzugehörigkeit versickerten Blutes geprüft wurde.

### Material und Methodik

Verwendet wurden *Bodenproben* aus verschiedenen Gegenden des südniedersächsischen Raumes, entnommen ausschließlich aus der obersten Bodenschicht (A — Horizont), da nur diese in der kriminalistischen Praxis eine Rolle spielen wird. Das Erdmaterial wurde nach Trocknung durch das Institut für Bodenkunde der Universität Göttingen wie folgt definiert (Tabelle 1).

In *Vorversuchen* wurde die Blutmengenbestimmung aus Korundpulver durchgeführt, weil dieses nur in einem Parameter, nämlich der Korngröße, variiert.

Das Pulver, gereinigt und chemisch inert, ist nach Korngrößen beziehbar, die durch Angabe der Teilchenzahl/mm<sup>2</sup> charakterisiert werden. Aus diesen Angaben wurden die mittleren Teilchendurchmesser berechnet und unter der Annahme, daß die Körnchen als Würfel vorliegen, mittlere Oberflächenwerte/mm<sup>2</sup> geschätzt. Die tatsächliche Oberfläche ist größer anzusetzen, da immer Unregelmäßigkeiten der begrenzenden Teilchenflächen vorliegen. Trotz der vereinfachenden Annahme ergeben die Tendenzen der Meßergebnisse sicher ein zutreffendes Bild.

Für den Blutzusatz wurde eine Serie trockener und eine Serie feuchter Proben angelegt. Jeweils 5 g des getrockneten Bodens wurden abgewogen und in 3 Reihen mit 0,5, 1 und 1,5 ml Blut verrührt, getrocknet und im Halbdunkel bei Zimmer-

Tabelle 1  
Ergebnis der bodenkundlichen Analyse\*. CaCO<sub>3</sub>-Angabe in Prozent des luftgetrockneten Bodens

Art	Ton	Schluff	Sand	pH	CaCO <sub>3</sub>	Mg a	Ca a
Humus	62,45	7,80	29,78	3,6	0,04	3,9	28
Röt-Ton	39,00	37,40	23,60	7,2	3,50	32,0	1280
Röt-Gartenerde	43,90	2,20	53,90	7,6	9,90	10,2	5400
Rendsina-Kalk	45,50	34,70	10,80	6,8	5,10	14,5	5600
Auenlehm	20,20	58,30	21,50	7,3	6,30	5,1	2800
Sand	4,00	18,00	78,00	6,1	0,00	2,8	142

a = Milligramm pro 100 g Boden.

\* Jeder Boden besteht aus Teilchen verschiedener Größe; die überwiegende Kornfraktion bestimmt die Zugehörigkeit zu einer Bodenart. Die feinsten Teilchen gehören zur Tonfraktion (< 2 µm), als Schluff bezeichnet man den Bodenanteil mit Korngrößen zwischen 2 und 6 µm, als Sand gelten Partikel von 2–60 mm Durchmesser.

temperatur gelagert. Bei den Korundpulverproben wurden jeweils 5 g mit 0,5 ml Blut versetzt. Die Feuchtproben wurden vor dem Bluteinsatz mit 16 Gewichtsprozent Wasser versetzt und dann über gesättigter Na-Sulfatlösung bei gleichbleibendem Dampfdruck gelagert.

Es wurde Citratblut aus der Blutbank der Chirurgischen Klinik der Universität Göttingen verwendet, dessen Hb- und Eiweißgehalt und Blutgruppenzugehörigkeit bekannt waren. Jeweils noch am gleichen Tag, dann am 1., 3., 8., 20. und 42. Tag nach dem Ansatz wurden die Blutproben zur Blutmengenbestimmung und für die Blutgruppendifferenzierung aufbereitet.

Als *Extraktionsmittel* diente bei den Bodenversuchen 25 ml einer 0,6%igen NaCl-Lösung für beide Verfahren der Mengenbestimmung und teilweise auch für die Blutgruppenuntersuchung. Wir wählten die neutrale Kochsalzlösung, um die Vergleichspräzipitation bei der Schulzschen Methode nicht durch ein alkalisches Milieu zu beeinträchtigen [19, 20, 24].

Bei neutraler Extraktionslösung ist mit gewissen Einbußen bei der Cyanhämglobinbestimmung zu rechnen. Die Größenordnung dieses Fehlers mußte in ergänzenden Experimenten ermittelt werden. Hierzu prüften wir Korundpulver unterschiedlicher Körnung, die ebenfalls mit Blut versetzt worden waren, mit 25 ml 0,6%iger NaCl-Lösung, 0,04- und 2,5%iger NH<sub>3</sub>-Lösung auf die Wiedergewinnbarkeit der Blutmenge. Parallel dazu liefen vergleichende Untersuchungen an 6 Bodenproben. Nach einer Einwirkungszeit des Extraktionsmittels von 6 Std wurde der Überstand bei 7000 U/min 20 min lang zentrifugiert und anschließend zur Beseitigung von Schwebeteilchen aus der Tonfraktion durch eine Membranfilterspritze der Fa. Sartorius, Göttingen, mit einer Porengröße von 0,45 µ gegeben.

*Blutmengenbestimmung.* Die auf der Eiweißpräzipitinreaktion nach Uhlenhuth beruhende Methode von Schulz [20] wurde bei den folgenden Versuchen in der Capillarmodifikation nach Hauser [7] nach einem Kontrollschema von Schönherr [19] durchgeführt. Daneben wurde die Cyan-Hämglobin(Methämglobin)-Methode nach Schleyer [18] angewendet. Hierbei wird der gefilterte Extrakt der Bodenproben mit Drabkinscher Lösung zur Reaktion gebracht (Schwerd [21]). Die Messung der Cyanhämglobinkonzentration erfolgte im DB-Spektrophotometer der Fa. Beckman. Auch bei diesem Verfahren wurden blutfreie Extrakte der Erdproben als Leerwert mitgeführt, da im Boden vorkommende Farbstoffe (gelbe bis braune Huminstoffe) das Meßergebnis verfälschen können.

Für die Bestimmung der *Blutgruppeneigenschaften* wurde nur der Absorptionsversuch nach Holzer [8] angewendet; der Agglutininwirkungsversuch nach Lattes [10] gelingt bei Blutspuren in Erde überhaupt nicht. Die mit Blut versetzten Erdproben wurden zunächst eingesetzt, indem 0,5 cm<sup>3</sup> Erde im Schiffschen Röhrchen mit 3 Tropfen eines gleichtitrigen O-Serums

versetzt und nach einer Einwirkungszeit von 24 Std titriert wurden. Es erwies sich aber als notwendig, die Blutgruppensubstanzen aus Extrakten der Bodenproben mit NaCl-Lösung anzureichern. Dies geschah einmal durch Chromatografie an Filterpapierstreifen [13]; die hämoglobinhaltige Verdunstungszone und der darunterliegende Bereich wurden ausgeschnitten und gemeinsam und getrennt im Absorptionsversuch untersucht. In einer zweiten Versuchsreihe wurden die Bodenproben mit einer großen Flüssigkeitsmenge extrahiert und deren Volumen bei mäßigen Temperaturen bis zu 60°C, aber auch bei höheren Temperaturen (100°C) eingeengt.

Zum Nachweis der Gm-Faktoren wurden zunächst wie beim AB0-System die bluthaltigen Bodenproben ohne vorherige Extraktion eingesetzt. Danach wurden ebenfalls die Keilstreifen- und Einengungstechniken zur Anreicherung angewendet.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Blutmengenbestimmung an Korundpulver unterschiedlicher Körnung sind in Abb. 1 zusammengefaßt. Man sieht, daß die Ausbeute bei der Blutmengenbestimmung nach Schleyer in Abhängigkeit von der Korngröße der Teilchen variiert. Dieser Effekt läßt sich durch längere Extraktionszeiten vermindern. Jedoch ist auch bei 24stündiger Elution noch eine geringe Abnahme der Ausbeuten mit Verringerung der Teilchengröße bzw. Erhöhung der spezifischen Oberfläche erkennbar.

Ein Vergleich beider Extraktionsweisen ergab, daß die Ausbeuten nach Extraktion mit neutraler NaCl-Lösung bis zu 50% hinter denen mit alkalischer Lösung zurückbleiben. Auch bei Verlängerung der Extraktionszeiten kann dieser Rückstand nicht ganz aufgehoben werden. Dieselbe Versuchsanordnung an einer echten Bodenprobe erbrachte noch größere Unterschiede. Die Ausbeuten lagen im  $\text{NH}_3$ -Extrakt um 100% über denen des NaCl-Extraktes.

Die Nachweisbarkeit der Blutmenge nach der Schulzchen Methode in Abhängigkeit von Bodenart, Aufbewahrungsmodus und -zeit ist in Tabelle 2 aufgeführt. Man sieht, daß die Ergebnisse bei den feuchtgehaltenen Bodenproben we-

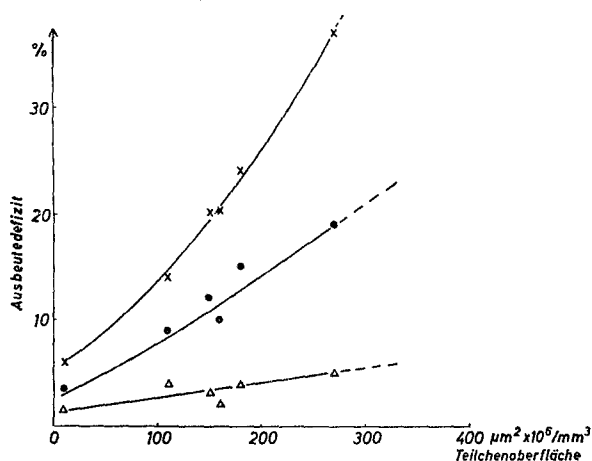


Abb. 1. Blutmengenbestimmung nach Schleyer aus Korundpulver. Abhängigkeit der Ergebnisse von der Größe der Oberfläche und der Extraktionsdauer. × Extraktionsdauer 15 min, • Extraktionsdauer 60 min, Δ Extraktionsdauer 24 Std

Tabelle 2. Ergebnisse der Blutmengenbestimmung nach Schulz. Alle Angaben in Prozent der eingesetzten Blutmenge

Boden		A	B	C	D	E	F
1. Tag	t	12,5	3,12	25,0	12,5	25,0	100
	f	12,5	3,12	12,5	3,1	12,5	100
2. Tag	t	—	3,12	6,25	6,25	6,25	100
	f	—	0,78	6,25	1,56	6,25	100
4. Tag	t	—	1,56	6,25	6,25	3,12	50
	f	—	0,39	1,56	1,56	0,78	50
9. Tag	t	—	0,78	6,25	3,12	3,12	50
	f	—	0,39	—	0,78	0,39	3,12
21. Tag	t	—	0,78	6,25	3,12	3,12	25
	f	—	—	—	—	—	—
42. Tag	t	—	0,39	3,12	1,56	1,56	25
	f	—	—	—	—	—	—

t = trockener Boden, f = feuchter Boden. A = Humus, B = Ton, C = Gartenerde, D = Kalk, E = Lehm, F = Sand.

sentlich schlechter sind als bei den trockenen. Nach dem 5. Tag der Aufbewahrung zeigte sich an den ersteren, besonders stark bei Humus und Gartenerde, ein lebhaftes Wachstum von Bakterien- und Pilzkolonien.

In Abb. 2 sind die Ergebnisse der Cyan-Hämoglobin-Methode wiedergegeben. Die Anfangsausbeute bei den trockenen Proben von Sand-, Kalk- und Lehmboden sowie Gartenerde war relativ hoch, es folgte jedoch ein steiler Abfall bei längerer Liegezeit. Humus und Tonboden ergaben wie beim Präcipitationsverfahren von Anfang an sehr niedrige Werte. Die Feuchtproben zeigten einen noch schnelleren Rückgang der Ausbeute, aus Humus ergaben sich wiederum die geringsten Werte.

In Tabelle 3 sind die Ausbeuten aus trockenen Böden nach dem CN-Hämoglobin-Verfahren wiedergegeben und den Bodeneigenschaften Tongehalt, Humusanteil und pH-Wert gegenübergestellt. Der starke Ausbeuteverlust in Böden mit hohem Ton- und Humusgehalt wird besonders deutlich.

Die Untersuchung der Blutkörpercheneigenschaften im Absorptionsversuch nach Schiff und Holzer verlief an den unaufbereiteten Böden negativ. Ebenso konnte, entgegen unseren Erwartungen, die an die Erfahrungen von Schaidt u. Vogel [13, 25] anknüpften, durch die Papierextraktion im Keilstreifenverfahren keine eindeutige Bestimmung durchgeführt werden. Erst nach Erhöhung des Bluteinsatzes (1,0 bzw. 1,5 ml auf 5 g Bodenprobe) und Verlängerung der Extraktionsdauer mit dem Keilstreifen war die Gruppenbestimmung teilweise erfolgreich.

Bei der Anreicherung durch Elution des Blutes mit großer Flüssigkeitsmenge (Aqua dest. oder NaCl-Lösung) war nach den Erfahrungen von Schleyer [16] und Berg [2] auch die Anwendung höherer Temperaturen für die Konzentrierung der Waschflüssigkeit möglich. Auf diese Weise konnten die Blutgruppeneigenschaften noch längere Zeit nachgewiesen werden. Dabei fiel eine Abhängigkeit der Ergebnisse vom pH-Wert der Proben auf. Die AB0-Bestimmung gelang länger aus Böden mit niedrigem pH als aus solchen mit höheren Werten (Tabelle 4).

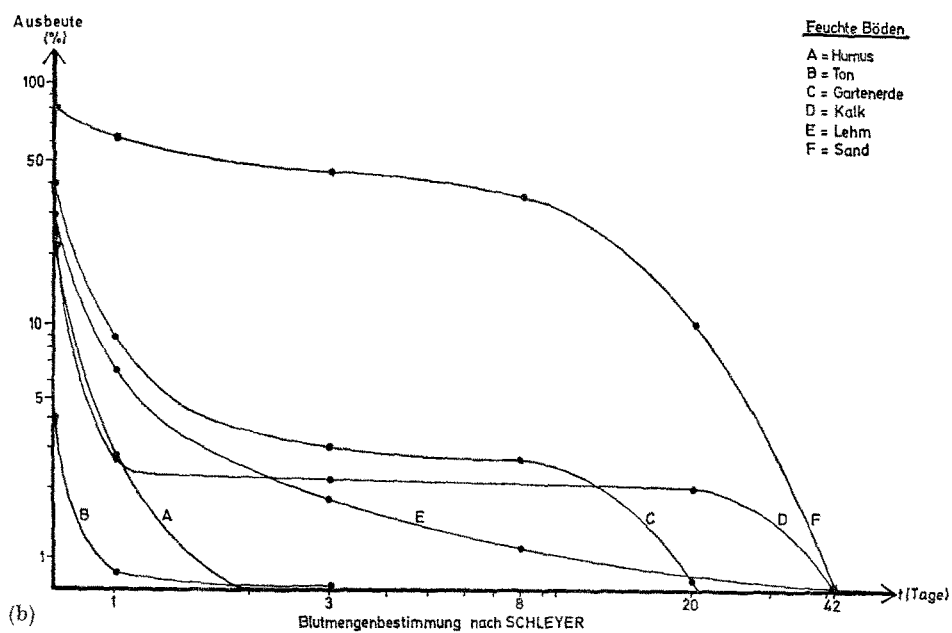
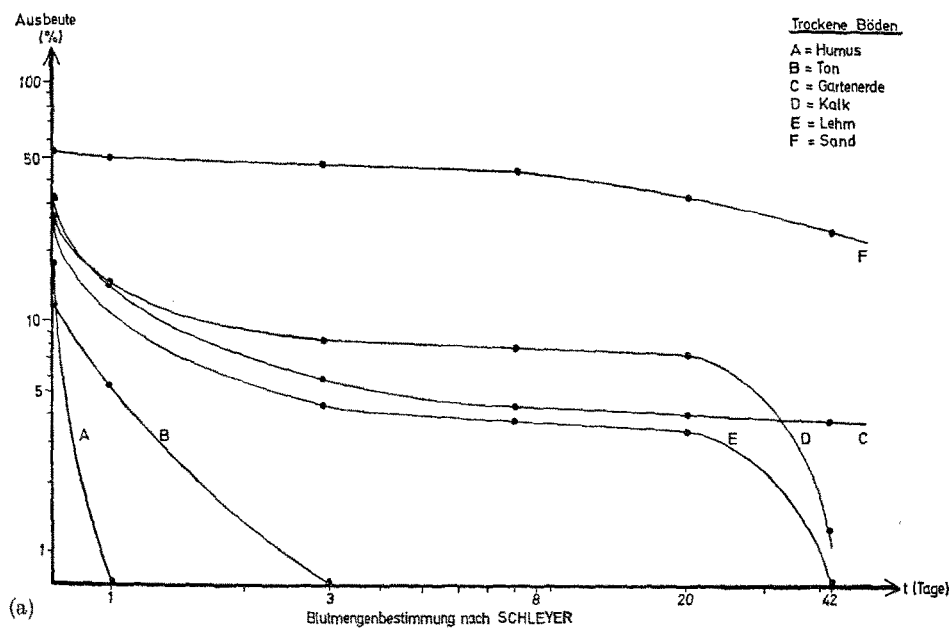


Abb. 2a u. b. Blutmengenbestimmung nach Schleyer an (a) trockenen und (b) feuchten Bodenproben

Bei der Bestimmung der Gm-Faktoren mit Agglutinationshemmtest wurden zunächst die unaufbereiteten Bodenproben im Verhältnis 1:1 mit 0,9%iger NaCl-Lösung versetzt und der Extrakt nach Zentrifugieren untersucht. Dabei war in

Tabelle 3. Blutmengenbestimmung nach Schleyer. Ergebnisse in Prozent der Ausgangsblutmenge. Trockene Böden

Bodenprobe	A	B	C	D	E	F
Tonanteil	62,5	39,0	43,9	45,5	20,2	4,0
Humusgehalt	11,5	3,5	5,8	4,9	2,4	1,8
pH	3,6	7,2	7,7	6,8	7,3	6,1
Tage						
1.	18,8	13,2	36,6	32,0	32,0	54,0
2.	—	6,6	13,8	14,4	10,0	53,2
4.	—	—	5,0	8,6	4,2	51,6
9.	—	—	4,3	8,4	4,0	50,6
21.	—	—	3,6	1,2	0,4	30,6
42.	—	—	3,6	1,2	0,4	23,2

A = Humus, B = Ton, C = Gartenerde, D = Kalk, E = Lehm, F = Sand.

Tabelle 4. Nachweisgrenze des AB0-Systems

Tage	Böden											
	Sand		Humus		Kalk		Ton		Gartenerde		Lehm	
	pH 6,1		pH 3,6		pH 6,8		pH 7,3		pH 7,7		pH 7,2	
	1ml	0,5ml	1,5ml	1ml	1,5ml	1ml	1,5ml	1ml	1,5ml	1ml	1,5ml	1ml
1. trocken	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. feucht	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
3. trocken	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
4. feucht	+	+	+	—	+	—	+	—	—	—	—	—
8. trocken	+	+	+	+	+	—	+	—	+	—	—	—
10. feucht	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15. trocken	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
feucht	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20. trocken	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22. feucht	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40. trocken	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
feucht	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

den Extrakten aus Sand und Gartenerde in den trockenen Proben nach dem 20. Tag in Übereinstimmung mit dem eingesetzten Blut die Faktorenkonstellation Gm (+1), Gm (—2) und InV (—1) nachzuweisen. Humus und Lehm erbrachten ein positives Ergebnis bis zum 8. Tag, während Ton- und Kalkböden die schlechtesten Ergebnisse zeigten.

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse der Gm-Bestimmung in den trockenen aufbewahrten Böden in Abhängigkeit von der Lagerungszeit und im Vergleich zu den Befunden bei der AB0-Bestimmung.

Wir versuchten, auch für die Gm-Bestimmung Anreicherungsverfahren anzuwenden. Nach den Erfahrungen von Schaidt schien die Papierextraktion gerade

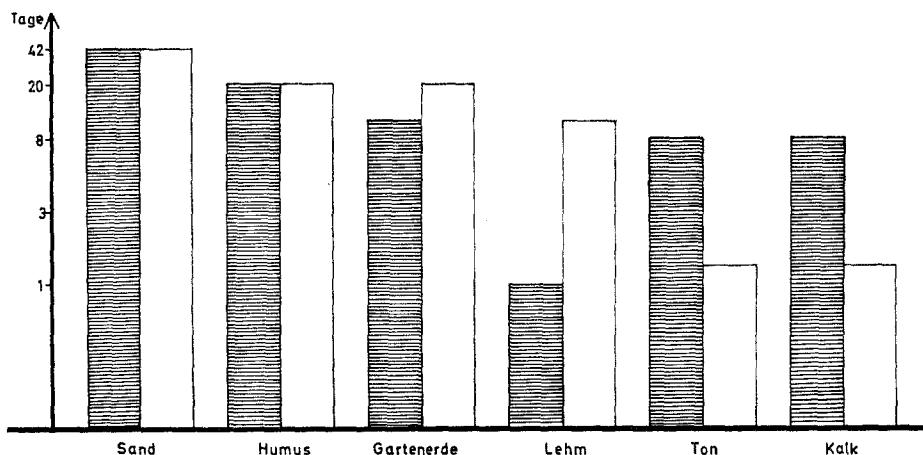


Abb. 3. Unterschiedliche Nachweisbarkeit des AB0- und Gm-Systems in den einzelnen Bodenarten. AB0 = ▨, Gm = □

zur Anreicherung von Eiweißstoffen geeignet. Außerdem wurde auch hier mit eingeeengten Flüssigkeitsextrakten, die in diesen Versuchen allerdings nie über 50°C erhitzt wurden, gearbeitet.

Bei Anwendung dieser für die AB0-Bestimmung teilweise erfolgreichen Anreicherungsverfahren ergaben sich überraschende Befunde: In den Extrakten fanden sich stets alle drei untersuchten Faktoren Gm (1) (2) und Inv (1), während in dem eingesetzten Blut nur der Faktor Gm (1) vorhanden war.

Bei den mitgeführten Kontroll-extrakten aus gereinigtem Sand und Filterpapier allein fanden sich diese falsch-positiven Teilreaktionen bei der Gm-Bestimmung nicht. Auch in den blutfreien Erdproben, die ohne Anreicherungsverfahren untersucht wurden, ergab sich keine Verfälschung, wohl aber dann, wenn durch Elution und Einengung oder mit Hilfe der Papierextraktion gewonnene blutfreie Proben zur Untersuchung kamen.

### Diskussion

Unsere Ergebnisse lassen erkennen, daß die Blutmengenbestimmung mit beiden Verfahren grundsätzlich auch an Blutspuren, die in Erdproben eingesickert waren, möglich ist. Je nach den verwendeten Bodenproben ergab einmal die Eiweiß-precipitationsmethode, ein anderes Mal die Cyan-Hämoglobin-Methode bessere Ausbeuten.

Unsere Ausbeuten erscheinen im Vergleich zu den Ergebnissen von Schleyer bzw. Schulz relativ niedrig. Die Versuche von Weede [27] weisen darauf hin, daß bei der Schulzschen Methode mit einer größeren Fehlerbreite zu rechnen ist, da der Unterschied zweier Präcipitationsstufen bereits eine Änderung der Ausbeute um 100% bedeutet. Die Methode birgt auch sonst, worauf bereits Schleyer hingewiesen hat, verschiedene Fehlermöglichkeiten. Vor allem ist die Verfälschung der Meßwerte durch unspezifische Reaktionen zu berücksichtigen [11].

Die gegenüber der Schleyerschen Arbeit geringeren Ausbeuten sind zum Teil mit der veränderten Extraktionsmethode zu erklären.

Die Beeinflussung von Blutmengenbestimmung und Nachweisbarkeit der Blutgruppeneigenschaft durch unterschiedliches Bodenmaterial ist vielfältig und kompliziert. Die Einzelmechanismen können sich in ihrer Wirkung auf die Nachweisbarkeit von Blutfarbstoff, Eiweiß und Blutgruppensubstanzen gegenseitig ergänzen oder aufheben. Bequem ist der Einfluß der Korngröße bzw. der inneren Oberfläche eines Bodens an Hand der Versuche mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pulver zu verfolgen. Als spezifische Oberfläche bezeichnet man nach Scheffer-Schachtschabel [14] „die gesamte, dem Wasser zugängliche“ Oberfläche. Sie beträgt bei Sandboden weniger als  $0,1 \text{ m}^2/\text{g}$ , bei der Schlufffraktion  $0,1$  bis  $1 \text{ m}^2/\text{g}$  und bei der Tonfraktion  $5$  bis  $200 \text{ m}^2/\text{g}$ . Der Effekt ist (vgl. Abb. 1) immerhin bereits in einem Korngrößenbereich zu beobachten, der dem feinsten Sand bzw. der groben Schlufffraktion entspricht. Beim Vergleich der Ausbeuteverluste bei Korundpulver wird erkennbar, daß auch bei Extrapolation der Werte im Oberflächenbereich der Tonfraktion die reine Oberflächenwirkung nur einen Teil des Gesamtbindungsvermögens des Bodens ausmachen kann.

Als wichtiger, zusätzlicher Faktor ist vor allem die Wechselwirkung geladener Teilchen mineralischer und organischer Herkunft mit den Blutbestandteilen zu nennen. Die Tonfraktion ist reich an Tonmineralien — mehrfach geschichteten, blättchenförmigen OH-haltigen Silicaten —, die entweder primär mit dem Ausgangsgestein des Bodens im Rahmen der physikalischen Verwitterung entstehen oder sich sekundär aus Silicaterfallsprodukten auf- und umbauen. An der Oberfläche der Tonminerale befindet sich in Abhängigkeit vom pH-Wert des umgebenden Milieus eine relativ konzentrierte Lösung von Kationen (Kationenbelag). Die Hülle wird mit Abschwächung der Ladungswirkung nach außen von Anionen durchsetzt.

Die je nach pH-Wert ebenfalls elektrisch geladenen Moleküle der Blutbestandteile — Eiweißkörper, Farbstoffe und Blutgruppensubstanzen — können in ionischer Bindung an der Oberfläche der ionenbeladenen Hülle der Tonminerale haften. Hieraus könnte auch die pH-Abhängigkeit der an den Böden gewonnenen Meßergebnisse bei der Blutmengen- und Blutgruppenbestimmung erklärt werden.

Schließlich ist auf den möglichen Einfluß organischer Anteile eines Bodens auf die Blutmengenbestimmung und die Nachweisbarkeit von Blutgruppensubstanzen einzugehen. „Humus“ setzt sich zusammen aus den Nichthuminstoffen, die von Pflanzenrückständen und tierischen Stoffwechselprodukten herrühren, und den Huminstoffen, die aus Zersetzungsprodukten der ersten Gruppe durch Polymerisation zu hochmolekularen Verbindungen entstehen. Der Einfluß der einzelnen Stoffgruppen auf die Blutmengen- und Blutgruppenbestimmung ist schwer abzuschätzen. Einerseits können die hochpolymeren (z. T. sphärisch aufgebauten) Huminstoffe einen Teil der Blutbestandteile durch Oberflächenadsorption binden (etwa in Form schwacher van der Waalscher Kräfte), andererseits ist auf Grund ihres Ionencharakters eine pH-abhängige Bindung und Inaktivierung der Bluteiweißkörper möglich.

Schließlich dürfte neben dem abgestorbenen biologischen Material auch das sogenannte Edaphon, der lebendige Anteil des Bodens, wichtig sein. Das zeigt sich besonders an den großen Ausbeuteverlusten bei den feuchtgehaltenen Bodenproben mit Bakterien- und Pilzbewuchs. Es ist anzunehmen, daß es durch Mikroorganismen bereits früh zum Abbau des zugesetzten Blutes kommt.

Die Versuche zur Gruppenbestimmung im AB0-System lassen erkennen, daß die Identifizierung von Blutspuren im Erdboden mit dem Absorptionsversuch auch noch bei höherem Spurenalter möglich sein kann. Der Blutspurenanteil in der Erde darf jedoch nicht zu klein sein. Schwierigkeiten können sich bei der Diagnostik der Blutgruppen 0 und A<sub>2</sub> ergeben.

Bei der Blutgruppenbestimmung im AB0-System verdienen die Fehlermöglichkeiten, die durch die mikrobiologische Bodenfauna bewirkt werden können, besondere Beachtung. Springer *et al.* [22] stellten auch bei apathogenen gram-negativen Keimen Blutgruppenaktivitäten fest; Vertreter dieser Klassen können im Erdboden gefunden werden. In der Praxis müssen also auch hier unbedingt Kontrollansätze mit Erde aus der Umgebung der Blutspur mitgeführt werden. Daß auch fälschlich negative Blutgruppenergebnisse auf Bakterienaktivitäten zurückgehen können, wurde schon betont (s. auch [15] und [28]).

Beim Gm-System können die richtigen Faktoren nur dann bestimmt werden, wenn die Untersuchungen direkt an den Erdproben, ohne vorherige Aufbereitungsmethoden, vorgenommen wurden. Die zeitliche Nachweisgrenze variierte bei den einzelnen Böden erheblich und zeigte keine Parallelität mit den Ergebnissen im AB0-System. Bei Versuchen zur Anreicherung der Eiweißkörper nach längerer Liegezeit ist damit zu rechnen, daß das ermittelte Gm-Muster nicht mit dem eingesickerten Blut übereinstimmt. Parallelbeobachtungen zu unseren Befunden in dieser Richtung fanden wir in der uns zugänglichen Literatur nicht. Während Fünfhausen u. Sagan [4] bei der Anwendung des Gm-Nachweises in der Spurendiagnostik keine störenden Einflüsse anderer Stoffe beobachteten, wiesen Görtz *et al.* [5] auf Fehlermöglichkeiten bei der Gm-Bestimmung hin, und Blanc *et al.* [3] berichteten von einer Blutspurenuntersuchung, bei der ein Holzschutzmittel den Faktor Gm (1) vortäuschte.

Eine Aussage darüber, welche Stoffe im Erdboden bei unseren Experimenten die Gm-Bestimmung störten, ist bei dem derzeitigen Stand der Untersuchung nicht möglich. In Frage kommen niedermolekulare Abbauprodukte pflanzlicher und tierischer Eiweißstoffe oder neugebildete Polymerisate der Huminfraction, die ja einen hohen Anteil an Aminosäuren und Zuckern aufweisen können, ferner Mikroorganismen und Kleintiere, ihre Stoffwechselprodukte und Leibessubstanzen selbst.

### Literatur

1. Berg, S.: Die Beweiskraft medizinisch-biologischer Untersuchungsergebnisse. In: Grundlagen der Kriminaltechnik, S. 99—108. Bundeskriminalamt, Wiesbaden 1958
2. Berg, S.: Möglichkeiten und Grenzen des kriminaltechnischen Sachbeweises im Bereich der Medizin. In: Brandermittlung und Brandverhütung, S. 219—226. Bundeskriminalamt, Wiesbaden 1962
3. Blanc, M., Görtz, R., Ducos, J., Madrange, R.: Hemmungsvermögen eines Spurenträgers auf das Anti-Gm-Serum aus einem Gerichtsmedizinischen Gutachten. Méd. lég. **7**, 15—18 (1971)
4. Fünfhausen, G., Sagan, Z.: Über die Möglichkeit des Nachweises der Gruppeneigenschaft Gm in Blutspuren. Dtsch. Gesundh.-Wes. **26**, 2468 (1961)
5. Görtz, G., Blanc, M., Boissezon, J. F. de, Ducos, J.: Les causes d'erreur au cours de l'identification des facteurs Gm dans les taches de sang sec. Arch. belges Méd. soc. **28**, 465 (1970)
6. Hansen, R. von: Bestimmung der Blutmenge in Blutflecken mittels einer Benzidinmethode. Med. Diss., Marburg 1967

7. Hauser, G.: Über einige Erfahrungen bei Anwendung der sero-diagnostischen Methode usw. Münch. med. Wschr. 289 (1904)
8. Holzer, F.: Ein einfaches Verfahren zur Gruppenbestimmung an vertrocknetem Blut durch Agglutininbindung. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **16**, 445 (1931)
9. Kappert, R.: Versuche zur Blutmengenbestimmung an Blutflecken mittels ihres Eisengehaltes. Med. Diss., Marburg 1969
10. Lattes, L.: Praktische Erfahrungen über Blutgruppenbestimmung in Flecken. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **9**, 402 (1927)
11. Madivale, M. S., Mahal, H. S.: Schwierigkeiten beim Nachweis der Artzugehörigkeit an zersetzten Blutflecken. Arch. Kriminol. **146**, 18 (1970)
12. Mita, S.: Über die Methode der quantitativen Bestimmung versickerten Blutes. Mitt. med. Fak. Tokyo 8, 327 (1909)
13. Schaidt, G.: Auswertung von Blutspuren in Flüssigkeiten und Schmutz. Arch. Kriminol. **122**, 68 (1958)
14. Scheffer, F., Schachtschabel, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart: F. Enke 1970
15. Schiff, F.: Über den Abbau gruppenspezifischer Substanzen durch Bakterien. Klin. Wschr. **14**, 750 (1935)
16. Schleyer, F.: Präzipitationsversuche mit in vitro faulendem und erhitztem Menschenblut-antigen. Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. **39**, 167 (1948)
17. Schleyer, F.: Leitfaden der gerichtlich-medizinischen Blutspurenuntersuchung. Lübeck: Schmidt-Römhild 1966
18. Schleyer, F.: Photometrische Mengenbestimmung angetrockneter Blutspuren aus ihrem Hämoglobingehalt, bestimmt als Cyanhämoglobin. Blut **27**, 20 (1968)
19. Schönherr, K.: Über die grundlegende Bedeutung der Kontrollreaktionen bei der Ausführung der biologischen Eiweißdifferenzierung in der gerichtlichen Medizin. Z. Immun.-Forsch. **108**, 109 (1951)
20. Schulz, A.: Über quantitativen Blutnachweis. Vjschr. gerichtl. Med. **29**, 1 (1905)
21. Schwerd, W.: Der rote Blutfarbstoff und seine wichtigsten Derivate. Lübeck: Schmidt-Römhild 1962
22. Springer, G. F., Williamson, P., Brandes, W. C.: Blood group activity of Gram-negative bacteria. J. exp. Med. **113**, 1077 (1961)
23. Strassmann, G., Ziemke, E.: Quantitative Blutuntersuchung. Vjschr. gerichtl. Med. **29**, 1 (1901)
24. Uhlenhuth, P.: Eine Methode zur Unterscheidung der verschiedenen Blutarten, insbesondere zum differentialdiagnostischen Nachweis von Menschenblut. Dtsch. med. Wschr. **82**, 260 (1901)
25. Vogel, W.: Über Beobachtungen und Erfahrungen bei der Bearbeitung von medizinisch-biologischem Material. Krim. Technik, Tagung Wiesbaden (1963)
26. Wasen, H. van: Versuche zur Blutmengenbestimmung in Blutflecken und Erdproben mittels der Guajakol- und der Pyridinhämochrom-Methode. Med. Diss., Marburg 1969
27. Weede, G.: Untersuchungen zur Mengenbestimmung von Blutflecken in Textilien mit der Präzipitinmethode und mittels Rest-N-Bestimmung. Med. Diss., Marburg 1968
28. Wiener, A. S., Gordon, E. B.: Examination of blood stains. J. forens. Sci. **1**, 3, 89 (1956)

Dr. Susanne Kijewski  
 Institut für Rechtsmedizin der Universität  
 D-3400 Göttingen, Geiststraße 7  
 Bundesrepublik Deutschland