

Original works

Die Schriftkreuzung im Rasterelektronenmikroskop (REM)

M. Oehmichen¹, D. von Kortzfleisch² und B. Hegner¹

¹Institut für Rechtsmedizin der Universität zu Köln, Melatengürtel 60–62,
D-5000 Köln 30 (Ehrenfeld), Federal Republic of Germany

²Institut für Pathologie der Städtischen Krankenanstalten, Ostmerheimer Strasse 200,
D-5000 Köln 91 (Merheim), Federal Republic of Germany

SEM demonstration of mixed script

Summary. A case of mixed script in which ball point-pen ink was contaminated with typewriting prompted a survey of the literature and a systematic SEM study of mixed script with various writing instruments or inks. Mixed scripts produced with the following instruments or inks were investigated: pencil, ink/India ink, ball-point pen, felt-tip pen, copied script and typewriter. This investigation showed SEM to be the method of choice for visualizing overlying scripts produced by different writing instruments or inks.

Key words: Mixed script – Scanning electron microscopy, mixed script

Zusammenfassung. Ausgehend von dem Problemfall einer Schriftkreuzung, bei der Kugelschreiberschrift mit Schreibmaschinenschrift gekreuzt war, erfolgte die Aufarbeitung der Literatur sowie eine systematische Untersuchung von Schriftkreuzungen unterschiedlicher Schreibmittel mit dem Rasterelektronenmikroskop. Untersucht wurden Schriftkreuzungen mit folgenden Schreibmitteln: Bleistift, Tinte/Tusche, Kugelschreiber, Filzstift, kopierte Schrift und Schreibmaschine. Bei dieser Untersuchung erweist sich das Rasterelektronenmikroskop als Methode der Wahl, das Übereinander unterschiedlicher Schreibmittel zu visualisieren.

Schlüsselwörter: Schriftkreuzung – Rasterelektronenmikroskopie, Schriftkreuzung

Einleitung

Die Reihenfolge von Schriften bei einer Schriftkreuzung, die mit gleichen oder unterschiedlichen Schreibmitteln erfolgt, stellt ein sich regelmäßiges wieder-

holendes, forensisches Problem dar, das vor allem bei Urkundenfälschungen Bedeutung hat (Stehling 1974). Die Notwendigkeit, in einem Fall selber zu dieser Fragestellung nehmen zu müssen, nahmen wir zum Anlaß, die Publikationen zu dieser Problematik zu erfassen und systematische Untersuchungen anzuschließen.

Literaturübersicht

Unter den zahlreichen, empfohlenen Methoden (Tabelle 1) wurden vor allem physikalisch-chemische sowie morphologische Techniken unterschieden, die in der vorzüglichen älteren Übersicht von Godowin (1963) z. T. zusammengestellt wurden. Unter den morphologischen Methoden hat sich vor allem die Untersuchung mittels Stereomikroskop und Rasterelektronenmikroskop (REM) bewährt – Methoden, die für unterschiedliche Schreibmittel als anwendbar be-

Tabelle 1. Methode zur Analyse von Schriftkreuzungen in der Literatur

Physikalisch-chemische Methoden

Kugelschreiber	– löslich in Nelkenöl und Chloralhydrat (Hofmann 1961)
Kugelschreiber	– auf Kugelschreiber: Ablösung mit Löschpapier (Niedereichholz 1974)
Tinte/Tusche	– löslich in Wasser (Niedereichholz 1974)
Maschinenschrift	– mechanische Ablösung von Carbon (Ruml 1960)

Morphologische Methoden

zum Nachweis von Druckrilleneigentümlichkeiten, Strichablenkungsphänomenen, Farbstoffverschleppungen und Einfärbungslücken

mittels

Durchlichtmikroskop (Polarisation, UV-Licht, Infrarot-Licht)

Stereo-Mikroskop

Raster-Elektronenmikroskop

Tabelle 2. Aktuelle morphologische Methoden, die bei Bestimmung der Reihenfolge unterschiedlicher Schreibmittelantragungen in Schriftkreuzungen von verschiedenen Autoren Anwendung fanden (Stereo M = Stereo-Mikroskop, REM = Raster-Elektronenmikroskop)

<i>Schreibmittel</i>	<i>Analyse-Methode</i>	<i>Autoren</i>
Kugelschreiber–Kugelschreiber	Stereo M	Hofmann 1961
Kugelschreiber–Faserstift	REM	Pfister 1985
Kugelschreiber–Schreibmaschine	REM	Iten 1981, Pfister 1985
Kugelschreiber–Kopie	Stereo M	Grafl 1986
Schreibmaschine–Farbstift	Stereo M	Ruml 1960
Schreibmaschine–Korrekturband	REM	Pfister 1985
Bleistift–Bleistift	Stereo M	Bradley 1963

Tabelle 3. Zusammenstellung der Faktoren, die die Erkennbarkeit eines Schreibmittels sowie einer Schriftkreuzung beeinflussen können (vgl. Hilton 1982; Conrad und Rieß 1985; Grafl 1986)

Schriftträger
Schreibdruck
Schreibunterlage
Schreibgerät (Mechanik)
Dichte der Farbstoffablagerung
Viskosität der Schreibmittel
Zeitintervall zwischen den Schreibmittelaufträgen
Schriftalter
Lagerungstemperatur und -feuchtigkeit

schrieben wurden (Tabelle 2). In den letzten Jahren wurde als Methode der Wahl zunehmend die Anwendung des REM angesehen, auf dessen Vielseitigkeit durch die Veröffentlichung von Waeschle (1979; s.a. Oron und Tamir 1974) hingewiesen wurde, der Schriftkreuzungen zwischen Kugelschreiber–Maschinenhandschrift, Kugelschreiber–Bleistift, Kugelschreiber–Durchschlagpapier und Bleistift–Bleistift dokumentieren konnte.

Die Erkennbarkeit der Reihenfolge von Schreibmitteln wird durch eine Reihe von Variablen bestimmt, die von Hilton (1982), Conrad und Riess (1985) sowie Grafl (1986) erfaßt und in Tabelle 3 zusammengestellt wurden.

Kasuistik

Fragestellung

Im Rahmen eines Zivilprozesses behauptete der Antragsteller, daß die vom Antragsgegner vorgelegte Quittung eine Fälschung sei. Der Antragsgegner habe ihn aus bestimmten Gründen gebeten, eine Blanko-Unterschrift zu geben. Der Antragsgegner habe nachträglich zu der mit dem Kugelschreiber durchgeföhrten Unterschrift den Schreibmaschinentext einer Quittung über DM 50000,– hinzugesetzt.

Die Unterschrift war mit einem schwarzschreibenden Kugelschreiber vorgenommen. Die Urkunde wurde mit einer Schreibmaschine gefertigt, die ein Typenrad 45 bzw. 645 der Firma Ransmayer und Rodrian mit der Schriftart „Courier 10“ (ab 1983) oder „Courier legal“ (ab 1985) ausgerüstet war.

Die geleistete Unterschrift ragte mit dem Anfang-Aufstrich des Buchstabens „N“ in die schreibmaschinenschriftliche Unterstreichung hinein (vgl. Abb. 1a). Allenfalls in diesem Bereich konnte von einer Schriftkreuzung gesprochen werden.

Untersuchungsmethoden und Ergebnisse

In einem ersten Untersuchungsansatz wurde versucht, mit Hilfe des Licht- und Stereomikroskopes einschließlich Infrarot-, Blau- und UV-Licht sowie Polarisation das Problem zu lösen. Es fanden sich diskrete Hinweise auf eine mechanische Schädigung der oberen Begrenzung der durch die Schreibmaschine aufgetragenen Kohleschicht. Es konnte ferner Kugelschreiber-paste auch innerhalb des Schreibmaschinenstriches beobachtet werden (Abb. 1b bis 1e).

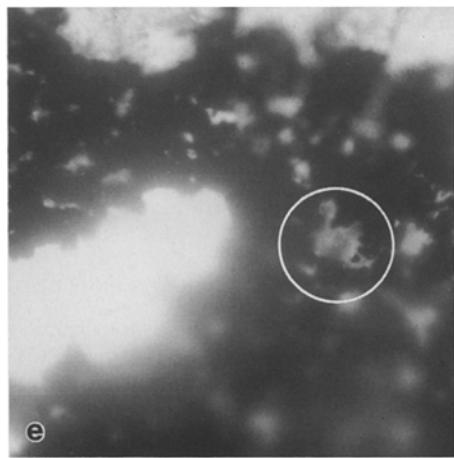
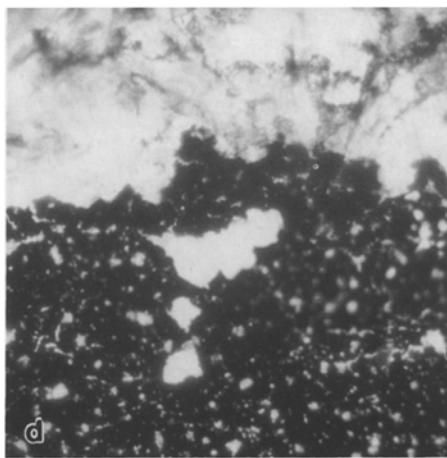
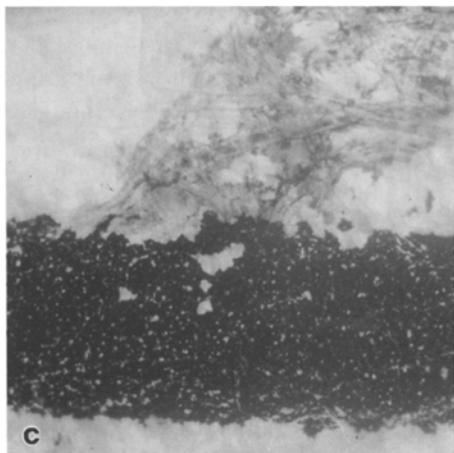
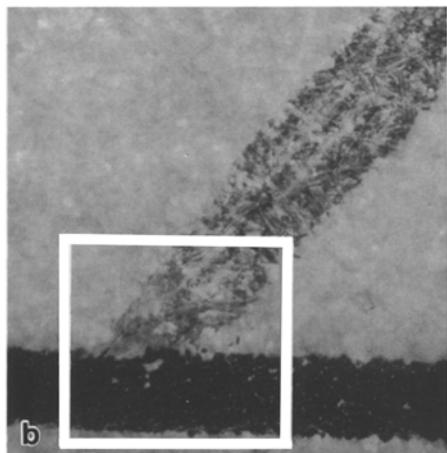
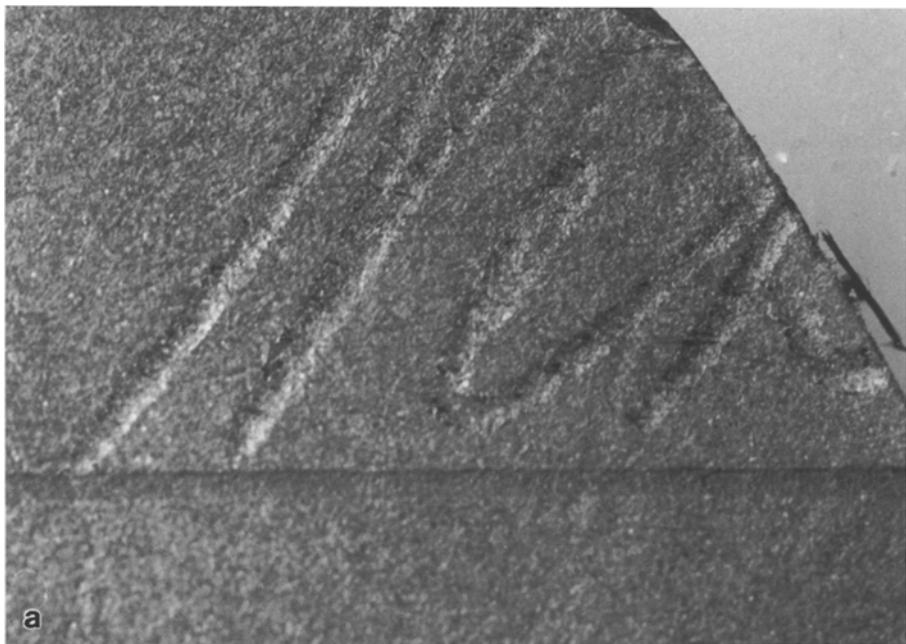




Abb. 2. Rasterelektronenmikroskopische Darstellung des Aufstrichs des Buchstabens „N“ in unterschiedlichen Vergrößerungen, wobei in Abb. **b** und **c** durch die Schreibmaschine bedingte Abflachung und Auflagerungen durch Zeichnung gekennzeichnet sind (Vergrößerung: **a** $\times 15$; **b** $\times 30$; **c** $\times 60$). Erkennbar werden innerhalb der durch Schreibmaschine verursachten Strukturabflachung des Papiers Antragungen von Kugelschreiberpaste als Hinweis auf eine sekundäre Auftragung.

←

Abb. 1. Angedeutete Schriftkreuzung mit Kugelschreiberpaste und Maschine im Aufstrich des Buchstabens „N“, dargestellt mit unterschiedlichen Vergrößerungen. **a** Schrift aufgeklebt auf den Trägerpilz (Vergrößerung: $\times 8$); **b** bis **e** Schrift im Durchlichtmikroskop, wobei insbesondere in der Abb. **c** eine mechanische Ablösung der Schreibmaschinenantragung erkennbar wird, während in Abb. **e** innerhalb der Schreibmaschinenschrift Farbantragung der Kugelschreiberpaste (Kreis) nachweisbar wird (Vergrößerung: **b** $\times 100$; **c** $\times 300$; **d** $\times 500$; **e** $\times 1.000$)

Der zweite Schritt der Untersuchung erfolgte mit dem REM. Um die Validität der Methode zu überprüfen, nahmen wir zunächst Vorversuche auf ähnlichem – sodann auf gleichem – Papier vor: In diesen Vorversuchen gelang es unschwer, die Reihenfolge der Auftragung von Kugelschreiber und Schreibmaschine zu erkennen.

Die fragliche Schriftkreuzung wurde unter Zerstörung der Urkunde mit einem Klebstoff (Pritt-Stift) auf dem Trägerpilz befestigt. Anschließend erfolgte eine Beschichtung der Oberfläche in einer Dicke von 0,5 mm mit Gold (Fa. Leitz, Oberkochem). Die weiterführende Untersuchung erfolgte im REM (Fa. Leitz, Typ AMR 1.000) bei unterschiedlichen Vergrößerungsstufen.

Im REM-Bild konnte festgestellt werden (Abb. 2), daß eindeutig Reste der Kugelschreiberpaste vom Schreibansatz in dem Bereich nachweisbar wurde, der durch die Schreibmaschinenschrift hätte gelöscht werden müssen. Insbesondere der tropfenförmige Pastenrest, der im oberen Drittel der Schreibmaschinenlinierung nachweisbar wurde, mußte als Hinweis darauf gelten, daß der Kugelschreiber erst nach der Maschinenschrift Verwendung fand.

Im vorliegenden Fall lag ausschließlich der Ansatz einer Kreuzung vor und weitere Schriftkreuzungen standen nicht zur Verfügung. Aus dieser Beobachtung wurde geschlossen, daß mit einem höheren Grad an Wahrscheinlichkeit die Unterschrift mit dem Kugelschreiber sekundär erfolgte bei bereits vorhandener Schreibmaschinenschrift als umgekehrt.

Systematische Untersuchungen

Material und Methode

Eigene systematische Untersuchungen wurden ausschließlich unter der Frage durchgeführt, inwieweit bei Verwendung unterschiedlicher Schreibmittel/Schreibgeräte ein Materialkontrast so ausreichend auftritt, daß die Reihenfolge einer Beschriftung in einer Schriftkreuzung zu erfassen ist. Entsprechend waren für die Untersuchungen die Voraussetzungen gegeben, die in Tabelle 4 aufgeführt wurden.

Tabelle 4. Grundlage der eigenen systematischen Untersuchungen von Schriftkreuzungen

<i>Variabel:</i>	Schreibgerät/Schreibmittel
<i>Konstant:</i>	Schriftträger Schreibdruck Dichte des Farbauftrages Schreibunterlage Schriftalter Lagerungsmilieu Zeitintervall zwischen den Auftragungen

Tabelle 5. Zusammenstellung von Angaben zu den untersuchten Schreibmitteln

<i>Schreibmittel</i>	<i>Firma</i>	<i>Typ</i>
Kugelschreiber	Soennecken	No. 1 M
Faser-/Filzstift	Faber Castell	penol Marker 700
Tinte/Tusche	Pelikan	Königsblau TP/6 Typ 4001
Bleistift	Faber Castell	Castell 9000
Kopie	Trimpf/Adler	TA 250 Z
Elektrische Schreibmaschine	IBM	196 c
Korrekturpapier	Pelikan	blanco CO/10
Farbband	Pelikan	Correctable TS4A 847

Die hier untersuchten Schreibmittel wurden in Tabelle 5 zusammengestellt. Das Papier (Continental 205 A30) wurde entsprechend den Methoden für die Untersuchung im REM vorbereitet, wie sie in der o.a. Kasuistik beschrieben wurde.

Ergebnisse

Die unterschiedlichen Schreibmittel wiesen im REM-Bild eine differente Morphologie auf (Tabelle 6), die zunächst theoretisch annehmen ließ, daß ein gewisser Materialkontrast auch eine Reihung der Schriften ermöglicht.

Tabelle 6. Materialkontraste bei Anwendung unterschiedlicher Schreibmittel

Schreibmittel	Morphologie	
	Grenze	Auflagerung
Kugelschreiber	Scharf	Dunkel, pastös
Faserstift	Unscharf	Dunkel, pastös
Tinte/Tusche	Unscharf	Hell (diskret)
Bleistift	Unscharf	Hell, granulär
Kopie	Scharf	Hell, reflektierend
Schreibmaschine	Scharf	Hell, porös, flach
Korrekturpapier	Scharf	Hell, pastös

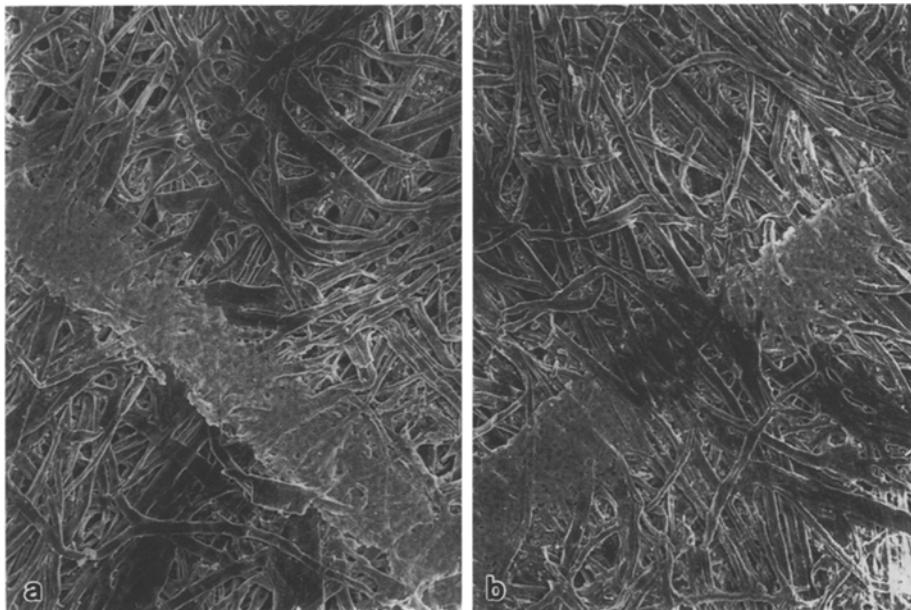


Abb. 3. Schriftkreuzung von Maschinenschrift und Kugelschreiber mit dunkel-kontrastreicher Darstellung der Kugelschreiberpaste und heller feingranulärer Auflagerung bei Abflachung der Papierstruktur durch Schreibmaschine: **a** Maschinenschrift über Kugelschreiber; **b** Kugelschreiber über Maschinenschrift (Vergrößerung: $\times 60$)

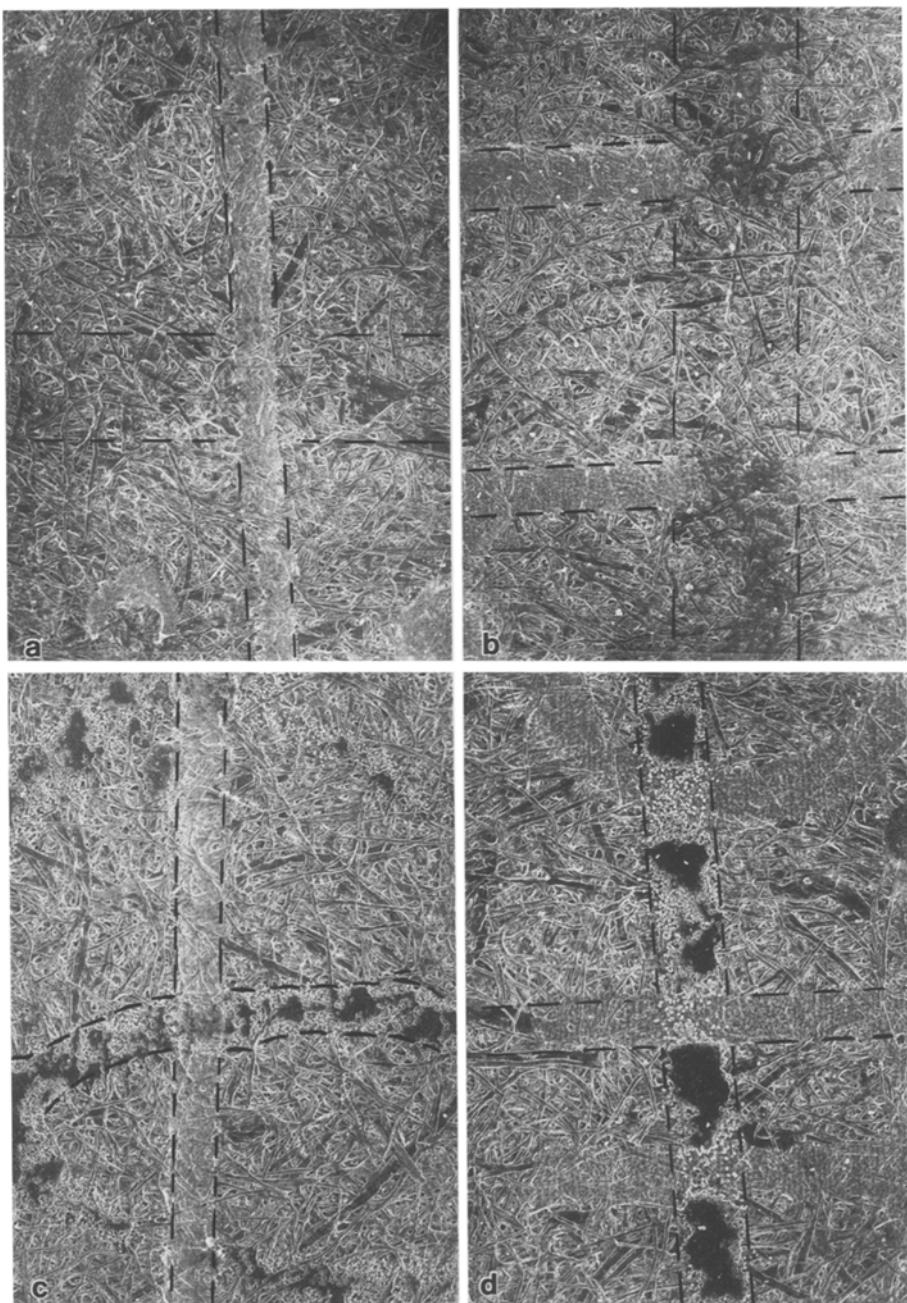


Abb. 4. Schriftkreuzung von Maschinenschrift und Faserschreiber (**a, b**) sowie Maschinenschrift und Kopie (**c, d**): Erkennbar wird die Maschinenschrift durch feingranuläre Auflagerung sowie Abflachung der Papierstruktur, während der Faserstift durch unscharf begrenzten dunklen Kontrast, die kopierte Schrift durch relativ scharf begrenzte dunkle Auflagerungen verbunden mit reflektierend wirkenden, grob-granulären Material erkennbar wird: **a** Maschinenschrift über Faserschreiber; **b** Faserschreiber über Maschinenschrift; **c** Maschinenschrift über Kopie; **d** Kopie über Maschinenschrift (*Vergrößerung: (a-d) $\times 30$*)

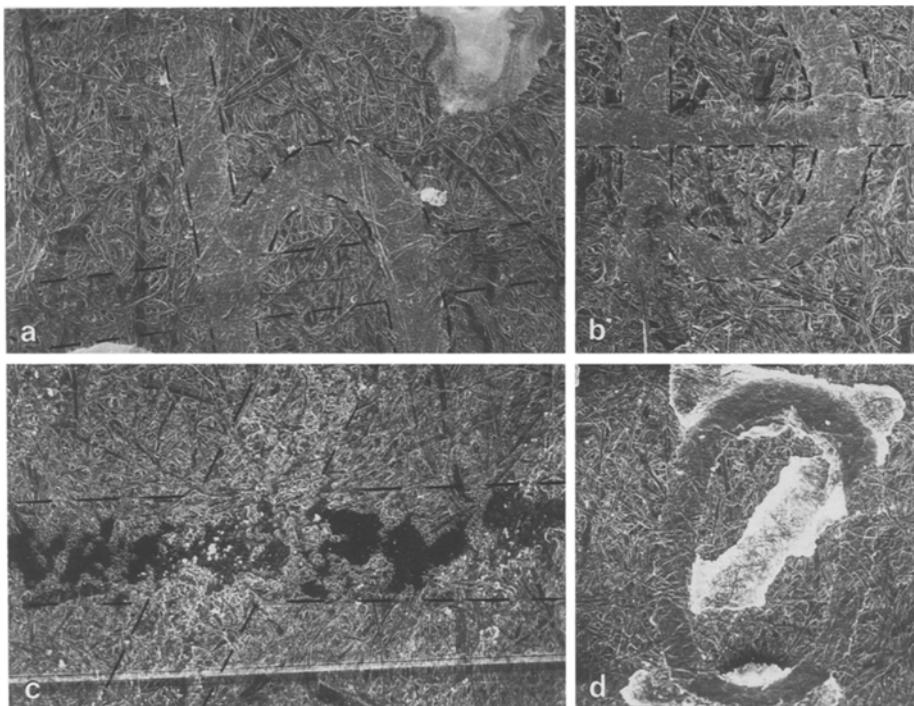


Abb. 5. Schriftkreuzungen unterschiedlicher Schreibmittel: **a** Tinte über Maschinenschrift – erkennbar wird die nur schwach kontrastreiche, unscharf begrenzte, dunkle Auflagerung durch Tinte, die insbesondere im Kreuzungsbereich eine sichere Beurteilung des Übereinander nicht erlaubt (Vergrößerung: $\times 30$); **b** Maschinenschrift (*horizontale Linie*) über Maschinenschrift (*Buchstabe*) – erkennbar wird an der rechten Kreuzung die durch Abflachung bedingte Überlagerung des Ober- und Unterrandes der *horizontalen Linie* ($\times 25$); **c** Kopie (*horizontale Linie*) über Bleistiftschrift (*schräg-senkrechte Linie*) – mit kontrastreicher Materialauflagerung der Kopien und feingranulärer heller Darstellung der Bleistiftschrift (Vergrößerung: $\times 50$); **d** Schriftkreuzung von Buchstaben, wobei Buchstabe „Z“ mittels Korrekturpapier gelöscht und durch den Buchstaben „O“ überschrieben wurde: Erkennbar wird die helle, scharf begrenzte Materialanlagerung, bedingt durch das Korrekturpapier (Vergrößerung: $\times 25$)

Auffällig war der vergleichsweise geringe Kontrast bzw. teilweise fehlende Kontrast, der sich bei Antragung von Tinte/Tusche ergab. Offenbar war das Material durch das Papier überwiegend aufgesogen und gleichmäßig verteilt worden, so daß auch die Begrenzung unscharf war. Die Reihung einer Beschriftung, bei der Tinte/Tusche Verwendung fand, war nur dann möglich, wenn zusätzliche Kriterien wie mechanische Ablösung der überkreuzten Vorlage usw. zur Verfügung standen.

Alle übrigen hier aufgeführten Schreibmittel (vgl. Abb. 3–5) erwiesen sich als ausreichend kontrastreich und in der Struktur ausreichend individuell, so daß eine Diskriminierung der unterschiedlichen Schreibmittel ebenso möglich war, wie eine Reihung bei Schriftkreuzung (Tab. 7).

Tabelle 7. Ergebnisse bei Untersuchungen von Schreibkreuzungen mit unterschiedlichen Schreibmitteln, wobei einerseits erkennbar wird, daß bei Verwendung von Tinte/Tusche ebensowenig eindeutig Ergebnisse erhalten werden können, wie bei Schriftkreuzungen unter Verwendung gleicher Schreibmittel. Ausschließlich bei Verwendung der Schreibmaschine ließ sich eine Reihung vornehmen

	Kugelschreiber	Faserstift	Tinte/Tusche	Bleistift	Kopie	Schreibmaschine
Kugelschreiber	0					
Faserstift	+	0				
Tinte/Tusche	?	?	0			
Bleistift	+	+	?	0		
Kopie	++	++	?	+	0	
Schreibmaschine	++	++	?	+	++	+

Durch das Korrekturband erfolgte eine ausgesprochen scharf begrenzte, helle Antragung, so daß der originäre Buchstabe unschwer unter der neuen Schreibmaschinenbeschriftung erkennbar wird (vgl. Abb. 5d).

Schwierigkeiten ergaben sich allerdings immer dann, wenn gleiche Schreibmittel Verwendung fanden; nur bei Verwendung der Schreibmaschine konnte durch die mechanische Einwirkung jeweils eine Abflachung der Strukturen im Bereich der Kreuzung durch die zuletzt geführte Beschriftung erkennbar werden (Abb. 5b). Die übrigen Schreibmittel erlaubten demgegenüber unter den hier vorausgesetzten Bedingungen – insbesondere bei Fehlen eines Zeitintervalles zwischen den unterschiedlichen Schriftantragungen – keine Diskriminierung.

Diskussion

Sowohl das Schrifttum als auch die eigenen Untersuchungen im beschriebenen Fall und schließlich die eigenen systematischen Untersuchungen von Schriftkreuzungen mittels REM zeigen, daß handelsübliche Schreibmittel in der Regel einen ausreichend spezifischen Materialkontrast ergeben, so daß eine Zuordnung der Antragung zu einem Schreibmittel ebenso möglich ist wie die Bestim-

mung der Reihenfolge im Rahmen einer Schriftkreuzung. In den eigenen Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß Tinte/Tusche einen zu geringen Kontrast ergaben und daher bei häufig fehlender Erkennbarkeit des Schreibmittels weder eine spezifische Zuordnung noch eine Bestimmung der Reihenfolge möglich war. Bei Verwendung des jeweils etwa gleichen Schreibductus sowie gleichen Schreibmittels – wobei die Kreuzungen jeweils ohne zeitliches Intervall vorgenommen wurden – konnte ausschließlich bei Verwendung der Schreibmaschine eine Reihung vorgenommen werden, während diese bei Verwendung der übrigen Schreibmittel sich als schwierig oder unmöglich erwiesen.

Aufgrund der eigenen, systematischen Untersuchungen ebenso wie aufgrund der eigenen Erfahrungen im beschriebenen Fall empfiehlt sich im Rahmen der Fragestellung einer Schriftkreuzung nach Versuchen mittels lichtmikroskopischen Methoden in jedem Fall die rasterelektronenmikroskopische Untersuchungstechnik, die in den meisten Fällen einer Schriftkreuzung die Reihenfolge der Schriftantragung zu erkennen erlaubt. Im praktischen Einzelfall ist jeweils zu empfehlen, eine Schreibmittelbestimmung vorzunehmen und identische oder ähnliche Schreibmittel in Vorversuchen im REM zu untersuchen. Diese Versuche sollten auf identischem Papier bzw. identischer Schreibunterlage erfolgen, wie sie im originären Fall Verwendung findet. Erst als letzter Schritt sollte jeweils die Untersuchung der inkriminierten Schriftkreuzung erfolgen, da durch die hier beschriebene Präparationsmethode das Original zerstört wird.

Es besteht keine Frage, daß die Sicherheit, mit der eine Aussage über die Reihenfolge einer Schreibmittelantragung gemacht wird, auch abhängig von dem Ausmaß und der Häufigkeit entsprechender Kreuzungsstellen ist. Im oben beschriebenen eigenen Fall konnte ausschließlich der Aufstrich des „N“ als Kreuzungsbezirk bezeichnet werden, und die eigenen Schlußfolgerungen fußten auf nur geringen Antragungen der Kugelschreiberpaste im Bezirk der Schreibmaschineneinwirkung, so daß nur eine eingeschränkte Aussage erlaubt war.

Literatur

- Bradley JH (1963) Sequence of pencil strokes. *J Crim Law Criminol Pol Sci* 54:232–234
Conrad W, Riess M (1985) Möglichkeiten und Grenzen der Schriftaltersbestimmung mit Hilfe von Oberflächen-Tastschnittgeräten. *Arch Kriminol* 176:26–37
Godown L (1963) Sequence of writing. *J Crim Law Criminol Pol Sci* 54:101–109
Grafl Ch (1986) Strichkreuzung zwischen Kugelschreiber und Ablichtung. *Arch Kriminol* 178:129–138
Hilton O (1982) *Scientific examination of questioned documents*. New York: Elsevier North Holland, Inc 107–117
Hofmann W (1961) Die Strichkreuzung zwischen Kugelschreiberschriften. *Kriminalistik* 15:392–397
Iten PX (1981) Fortschritte in der Kriminaltechnik (erster Teil). *Kriminalistik* 35:156–163
Niedereinhholz W (1974) Übermalte Kugelschreiberschrift. *Arch Kriminol* 153:156–158
Oron M, Tamir V (1974) Development of SEM methods for solving forensic problems encountered in handwritten and printed documents. *Scan Electr Microscopy I*, 207–213
Ruml W (1960) Strichkreuzungen. *Arch kriminol* 126:134–145

- Stehling J (1974) Zur Kriminalistik der Urkundenfälschung. Arch Kriminol 153:21–35
Pfister R (1985) Praktische Hinweise für die Anwendung der Stereomikroskopie am Raster-
elektronenmikroskop bei Urkundenfälschungen. Arch Kriminol 175:95–103
Waeschle PA (1979) Examination of line crossing by scanning electron microscopy. J Forens
Sci 24:569–578

Eingegangen am 6. September 1988

Addendum

Nach Drucklegung der Arbeit wurde den Autoren eine weitere Arbeit zur Frage der Schrift-
kreuzung bekannt (C. Tollkamp-Schierjott, H. G. Fackler (1982) Arch Kriminol 182:13–31).
Die Autoren beschreiben die Möglichkeit, durch Verwendung eines Detektors für Sekundär-
Elektronen am Niederspannungs-REM Schriftkreuzungen auch gleicher Schreibmittel sicher
unterscheiden zu können. Für diese Untersuchungen sind jedoch nur ausgewählte Geräte ge-
eignet und relativ aufwendige Zusatzinstrumente notwendig.