

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 78 (1980)

**Heft:** 2: 125 Jahre ETH Zürich : Sonderheft Institut für Kartographie

**Artikel:** Zur photomechanischen Veränderung der Bildstruktur bei der Wiedergabe von Orthophotobildern in der Kartographie

**Autor:** Furrer, F.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-230137>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 03.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Schneid- und Abziehmasksen (Sektorfarben), Ätz- und Abziehmasksen (Gemeindefarben), Photosatz und Montage (Beschriftung), photographische Verkleinerung, positiv-negativ und positiv-positiv Kopieren im Kontakt, mit und ohne Aufrastern.

Wegen der teuren Photomaterialien und der Vielzahl der Komponenten dieser Karte musste ein wirksamer reproduktionstechnischer Arbeitsablauf geplant werden. Um erfolgreiche Ergebnisse zu erlangen, sollte der Kartograph, bevor er überhaupt mit der Reprographie beginnt, von der Endkarte schon eine klare Vorstellung haben. In diesem Fall entsprach das Endprodukt relativ genau der ursprünglichen Idee. Jedoch bedurfte die gedruckte Karte einiger Verbesserungen. So störte z.B. das Gewässernetz die Kreisscheiben; dieses musste unter den Diagrammen aus-

maskiert werden. Das Diagramm für die Stadt Zürich tritt, wie gewünscht, etwas zurück, wobei allerdings der Hintergrund-Vordergrund-Effekt einige Leser vielleicht irritieren wird. Andere werden zur allzu bunten Darstellung eine gewisse Abneigung empfinden. Es fällt dem Gestalter jedoch äusserst schwer, zu diesem Problem eine andere Lösung zu finden; denn die Darstellung enthält allzuvielen, qualitativ zu unterscheidende Variablen, die durch Farbkontraste hervorgehoben werden müssen. Dieses Projekt erwies sich als eine wertvolle kartentechnische Übung, die hilft, in die Probleme des Entwurfs und der Herstellung einer thematischen Karte Einsicht zu gewinnen. Ausserdem wurde die Arbeit unter Zeitdruck ausgeführt, was den heutigen Arbeitsbedingungen in der kommerziellen Kartenproduktion entspricht.

John E. Bartholomew

### Schlussbetrachtung

Das kartographische Praktikum bietet die einmalige Gelegenheit, sich mit allen Problemen, die bei der Herstellung einer Karte auftreten, zu befassen. Über einfache Übungen in den ersten Semestern schliesst sich die Diplomarbeit nahtlos an die Arbeiten des Praktikums an, so dass ein Optimum an Erfahrung gewonnen werden kann.

Die Erstellung einer perfekten, vollendeten Karte im Rahmen dieser Veranstaltungen ist wegen der sehr beschränkten Zeit und der mangelnden handwerklichen Praxis nicht möglich; die beiliegenden Karten zeigen aber, was die Studierenden in der kurzen Ausbildungszeit zu leisten vermögen.

Adresse des Verfassers:  
Kurt Bigler, Kartograph,  
Institut für Kartographie, ETH-Hönggerberg,  
CH-8093 Zürich

## Zur photomechanischen Veränderung der Bildstruktur bei der Wiedergabe von Orthophotobildern in der Kartographie

F. Furrer

Reproduktionstechnische Verfahren der Kartographie können darauf ausgerichtet werden, einzelne Bildstrukturen des Orthophotos durch entsprechende Umformung als Strich- und/oder Kornstruktur auszubilden. Die Versuche lassen erkennen, dass diese Bildstrukturen wichtige Informationsträger sind. Es werden einige Verfahrenswege beschrieben und auf die Entstehung, Ursache und Wirkung der verschiedenen damit verknüpften Effekte eingegangen. Besondere Bedeutung kommt dem Kornstrukturbild zu, das im Gegensatz zum autotypisch gerasterten Bild seine Information nicht aus den Helligkeitswerten des Halbtonbildes bezieht, sondern aus den hochfrequenten Bildelementen.

*Quelques méthodes de reproductions cartographiques font usage d'une transformation des structures de l'image de l'orthophoto en forme d'image de trait ou de trait vermiculée. Les essais réalisés montrent l'importance de ces microstructures dans l'ensemble de l'information. On décrit ces procédés, leur fonctionnement, leur base et les effets qui résultent de ces transformations. Le grain structuré surtout est accentué eu égard au fait que sa source d'information sont les éléments d'image de haute fréquence, contrairement au tramé habituel qui représente la gradation des valeurs du cliché de demi-teintes.*

### Einleitung

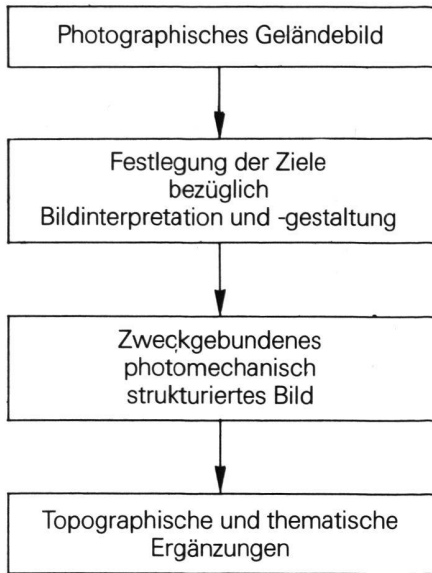
In der Kartographie dienen Orthophotos als zusätzliche oder hauptsächlich Informationsquellen zur Herstellung spezieller topographischer oder auch thematisch ausgerichteter Karten, wie z.B. für die Glaziologie.

Für die Wiedergabe solcher Schwarz-Weiss-Bilder benutzt man ausser den gewöhnlichen photographischen Halbtonkopierverfahren auch das Lichtdruckverfahren oder autotypisch arbeitende Verfahren wie den Offsetdruck. Naturgemäss wird an die Detailwiedergabe in diesem Bildmaterial – welches

Verfahren auch immer gewählt wird – hohe Anforderungen gestellt. Diese sind bei der Erstellung der Flugaufnahmen weder im einzelnen bekannt, noch können sie mit klassischen Methoden genau gesteuert werden. Somit stellt sich das Problem, auf welche Art und Weise solche Bilder nachträglich manipuliert werden können, so dass sie Zielsetzungen Rechnung tragen, wie sie in der Photointerpretation und kartographischen Gestaltung üblich sind.

Es sind also nicht Probleme der objektiven Grautonwiedergabe mit Übertragungsmethoden zu lösen, die auf eine

verzerrungsfreie Wiedergabe gegenüber dem Original abzielen, sondern solche der photomechanischen Verbesserung der subjektiv wahrnehmbaren Bildstrukturen. Dem Wort «Manipulation» fällt in diesem Zusammenhang eine zentrale Bedeutung zu, denn diese photomechanischen Mittel und Verfahrenswege sind als transformierende Eingriffe in den üblichen Wiedergabeprozess zu verstehen. Damit werden aus dem Halbtonbild bildaufbauende kartographische Gestaltungsmittel (Strich und Korn) abgeleitet und mit voller Absicht in den Wiedergabeprozess einbezogen. Das ergibt den folgenden schematischen Arbeitsablauf:



In bezug auf die Bildstrukturverbesserung bestehen gewisse Ähnlichkeiten in der Zielsetzung, wie bei der Wiederherstellung fehlerhafter photographischer Bilder mit Hilfe von kohärent-optischen Methoden [1]. Hier jedoch sind die zur Anwendung gelangenden Verfahren rein photographischer Art, allenfalls unter Verwendung der geometrischen Optik.

### Die photographische Schicht als zweidimensionales Speichersystem

Die Schwärzungskurve kennzeichnet den Grautonverlauf eines Halbtonbildes in Funktion der Belichtung oder in Funktion vom Logarithmus der Leuchtdichte der Originalszene. Diese mehr oder weniger (S)-förmig verlaufende Kurve zeigt im Bereich der minimalen Belichtungszeit (log H) eine minimale Schwärzung (Schwelle) und geht mit zunehmender Belichtungszeit in einen geradlinigen Teil über, an den sich die sogenannte Schulter, das Gebiet der maximalen Schwärzung, anschliesst (Abb. 1).

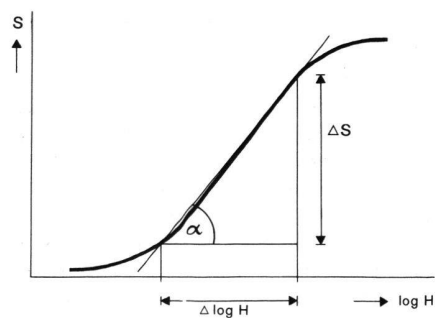


Abb. 1 Photographische Schwärzungskurve. Schwärzung aufgetragen in Funktion der Belichtung log H rel.

Nur der geradlinige Kurventeil gewährt eine verzerrungsfreie Wiedergabe der Originaltonwerte. Ihm entspricht der ausnutzbare Belichtungsbereich  $\Delta \log H$ . Die Steigung (oder Gradation) des geradlinigen Teils der Schwärzungskurve wird definiert mit dem Tangens des Steigungswinkels  $\alpha$  und als Gamma-wert ( $\gamma$ ) bezeichnet.

$$\text{tg}\alpha = \gamma = \frac{\Delta S}{\Delta \log H}$$

$$\gamma = \frac{\text{Schwärzungsumfang im Negativ}}{\text{ausnutzbarer log. Belichtungsumfang}}$$

Ausser diesem makroskopischen Tonwertverlauf, der sich mit der Schwärzungskurve darstellen lässt, interessiert uns die Detailwiedergabe, die mit einem bestimmten photographischen Übertragungssystem erzielt werden kann. Von massgeblichem Einfluss auf die Detailwiedergabe ist die Streuwirkung, die in der photographischen Schicht an den statistisch verteilten Halogensilberkörnern sowie durch andere Störquellen zustande kommt. Dies hat zur Folge, dass eine linien- oder punktförmige Lichtverteilung (aufgedruckte Belichtung) in eine (effektive), (verwaschene) Belichtung übergeführt wird. Praktisch äussert sich dies dadurch, dass beim Übergang von der Objektfunktion zur Bildfunktion eine scharfe Kante durch die Verwaschungsfunktion (Abb. 2b) nicht mehr als scharfe Kante ausgebildet wird (Abb. 2d) [2].

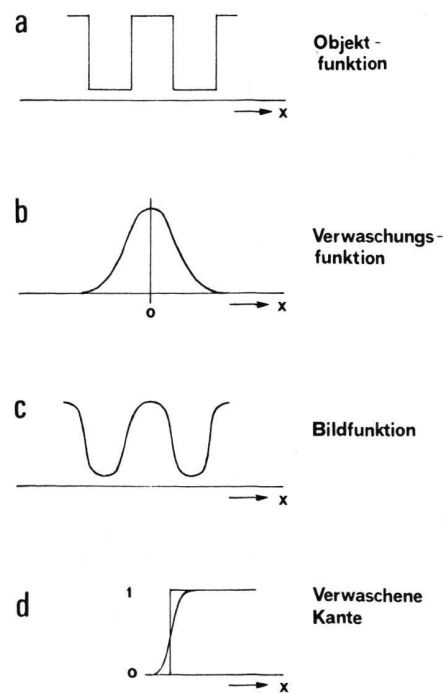


Abb. 2a-d Übertragungsfunktion einer scharfen Kante

Qualitativ wird die Detailwiedergabe durch die sogenannte Modulationsübertragungsfunktion (MüF) beschrieben. Analog der Nachrichtentechnik werden Abbildungsprobleme in der Optik und Photographie vom Standpunkt der Frequenzübertragung behandelt, indem man von der Zeitfrequenz in der Nachrichtentechnik zur Orts- oder Raumfrequenz in der Optik und Photographie übergeht. Durch das Raumfrequenzspektrum werden die Bildelemente nach ihrer Grössenordnung, angefangen von den kleinsten, vom System noch auflösbaren bis zu den grossflächigen Strukturen, definiert.

Bei idealen Übertragungseigenschaften eines photographischen Systems müsste das Verhältnis der aufbelichteten Beleuchtungsstärken mit dem der wirksamen Beleuchtungsstärken übereinstimmen. Durch die genannten Störquellen in der photographischen Schicht sinkt dieses Verhältnis der übertragenen Ortsfrequenzen in zunehmend stärkerem Mass gegen höhere Ortsfrequenzen ab, wie Abbildung 3 (nach Frieser) zeigt.

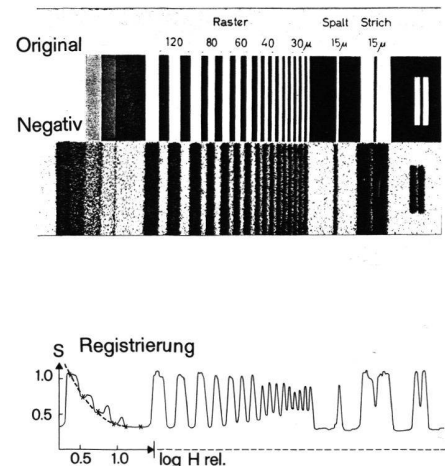


Abb. 3 H. Frieser: Photographische Wiedergabe eines Gitters (ca. 27x vergrössert). Schwärzungen aufgezeichnet mit dem Mikrodensitometer

Zusammenfassend kann man die photographische Schicht als Speichersystem betrachten, auf der die zweidimensionalen Ortsfunktionen als optische Signale gespeichert werden können. Diese sind durch Angabe der Ortsfrequenz und des Schwärzungsumterschiedes eindeutig festgelegt. Die Menge der gespeicherten Signale pro Flächeneinheit ( $\text{cm}^2$ ) hängt von der Zahl der Ortsfrequenzen ab, die von der Schicht aufgelöst werden können, sowie auch von der Zahl der unterscheidbaren Schwärzungswerte des Ortsfrequenzspektrums [3].

Begrenzender Faktor für die Zahl der möglichen Ortsfrequenzen, die ein photographisches System für die praktische Auswertung wiederzugeben vermag, ist das Auflösungsvermögen der verwendeten photographischen Schicht. Die Qualität des Übertragungssystems als Ganzes wird durch die Modulationsübertragungsfunktion beschrieben.

### Die Beeinflussung des Detailkontrastes von Halbtonbildern mit Hilfe von unscharfen Masken

Für die Interpretation von Flugaufnahmen ist die Qualität ihrer Detailstruktur von massgeblicher Bedeutung. Niederrfrequente Bildbestandteile, wie z.B. Wolken- oder Geländeschatten, sind für die Auswertung nicht interessant, ja sogar störend, so dass man mit gezielten Massnahmen versucht, diese zugunsten der hochfrequenten Bildanteile zu unterdrücken. Als geeignetes Hilfsmittel dazu erweist sich die photographische Maske. Man versteht darunter ein zum Original massstabgleiches Bild mit gegenläufiger Schwärzungsverteilung. Eine solche Maske bewirkt eine definierte Veränderung des gesamten Grautonwertverlaufes des Originals. Sie ist damit eindeutig verschieden zu den besonders in der Kartographie zur Anwendung kommenden und ebenfalls als Masken bezeichneten Schablonen. Die Wirkung einer solchen Maske ist aus Abbildung 4 ersichtlich. Damit lassen sich die Schwärzungsunterschiede des Originalbildes gezielt verändern.

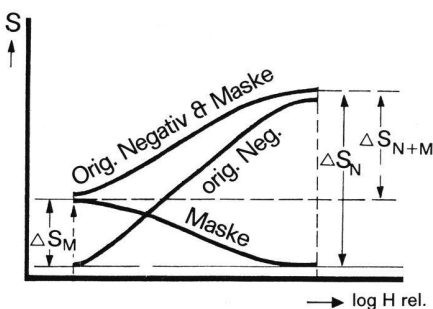


Abb. 4 Veränderung des Originalgrautonverlaufes mit Hilfe einer gegenläufigen Maske:

- $\Delta S_N$  = Schwärzungsumfang des Negativs
- $\Delta S_M$  = Schwärzungsumfang der Maske
- $\Delta S_{N+M}$  = Schwärzungsumfang der Kombination von Original und Maske

Form, Verlauf und Steilheit der Maske sind entscheidend für den Verlauf der Gesamtschwärzungskurve.

Die photographische Wirkung der Kombination von Maske und Original schliesslich ist abhängig von der Art der benutzten Grautonreproduktion (Film-

material, Entwickler, Entwicklungszeit, mit der die Maske verarbeitet wird.

Die Gradationsmaske hat zum Zweck, den Gradienten von Durchsichtsvorlagen zu verändern, und zwar so, dass dieser den Kopiermaterialeigenschaften angepasst wird, so dass eine möglichst verzerrungsfreie Wiedergabe gewährleistet ist. Normalerweise reduziert man damit den Schwärzungsumfang von kontrastreichen Halbtonbildern auf den ausnutzbaren Belichtungsumfang  $\Delta \log H$  des Kopiermaterials, wie das Tonreproduktionsdiagramm Abbildung 5 zeigt.

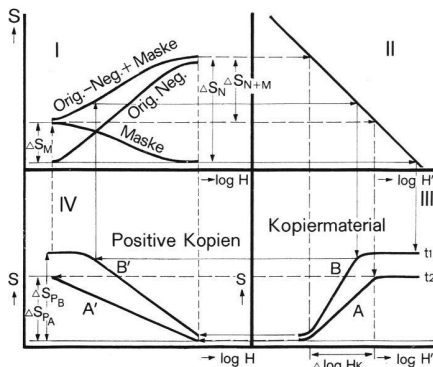


Abb. 5 Tonreproduktion eines Halbtonnegativs von reduziertem Schwärzungsumfang mit Hilfe einer Gradationsmaske. Von den Kopierschwärzungskurven A und B, mit den Entwicklungszeiten  $t_1$  und  $t_2$ , ist eine verzerrungsfreie Wiedergabe nur über das Kopiermaterial A mit  $\Delta \log H_K = \Delta S_{N+M}$  gegeben.

Eine andere zusätzliche Massnahme, die zu einer verbesserten Differenzierbarkeit in den nichtlinearen Bereichen der Schwärzungskurve führt, ist die Verwendung von Hilfsmasken, wie die sogenannte «Hochlicht»- und «Schattenmaske», deren Einsatzpunkt und Gradient auf die nichtlineare Form der Schwärzungskurve abgestimmt wird. Meist verwendet man dazu steil arbeitende Materialien (Lithfilme) und sorgt mit einer entsprechenden Belichtung und Entwicklung für kontrastarme Kopien von den minimal geschwärzten nichtlinearen Teilbereichen der Original-Schwärzungskurve. Als Kopiervorlagen verwendet man dazu am besten je ein gradationsgleiches Negativ und Positiv. In einem ersten Schritt legt man die vom Halbton-Negativ gezogene «Schattenmaske» auf das Halbton-Positiv und erstellt davon ein verzerrungsfreies Halbton-Negativ. Auf das so erstellte «schattenkorrigierte» Halbton-Negativ legt man die vom Halbton-Positiv gezogene Hochlichtmaske und kopiert von dieser Kombination in einem zweiten Schritt ein verzerrungsfreies «licht-» und «schatten-»korrigiertes Positiv. Einen Einblick in die Abfolge der entsprechenden Tonreproduktion gibt Abbildung 6 a/b.

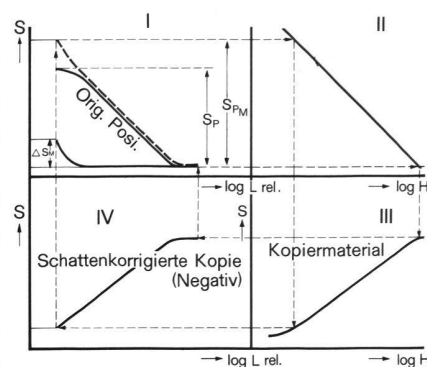


Abb. 6a Tonreproduktion von einem Halbton-Positiv unter Verwendung einer «Schatten»-Maske

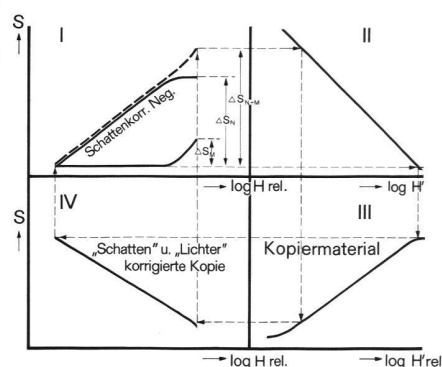


Abb. 6b Tonreproduktion von «schattenkorrigiertem» Negativ (Abb. 6a IV. Quadrant) mit einer «Hochlicht»-Maske

Als wirkungsvoll erweist sich eine solche Hilfsmaske auch dann, wenn man sie in die Gradationsmaskierung integriert. Zu diesem Zweck zieht man in einem ersten Schritt vom Halbton-Negativ eine Schattenmaske auf Lithmaterial mit  $\Delta S \leq 0.30$ . Diese Schattenmaske wird wieder auf das ursprüngliche Halbton-Negativ zurückgelegt. Dadurch werden die Schwärzungen im Kurvenfuss dieses Negativs mit positiver Wirkung abgehoben. Von dieser Kombination kopiert man eine Gradationsmaske, die nach Entfernen der Schattenmaske mit dem Halbton-Negativ passgenau zusammenmontiert wird. Als Resultat ergibt sich eine Gesamt-Schwärzungskurve, bei der die minimalen Schwärzungen grosse Kontrastunterschiede zeigen. Zieht man damit einen weiteren Kontakt (Halbton-Positiv), so zeigt sich dabei eine verbesserte Grautonwiedergabe im Gebiet der maximalen Schwärzungen. (Abb. 7).

Eine Maske, die nicht nur generell auf den Schwärzungsverlauf des Originals einwirkt, sondern eine spezielle Kontrastübertragungsfunktion erfüllt, heisst Amplitudenmaske. Man versteht darunter eine Maske, deren Raumfrequenzspektrum so manipuliert ist, dass sich in der Kombination von Original und Maske für verschiedene Raumfrequenzen unterschiedliche Amplitudensummen (= Schwärzungen) ergeben. Das

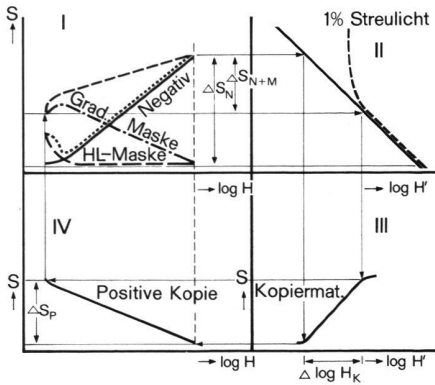


Abb. 7 Tonreproduktion eines Halbtonnegativs, mit Hilfe einer in die Gradationsmaske integrierten Schattenmaske. Bei der optischen Übertragung muss die nichtlineare Verzerrung, verursacht durch Streulicht (II. Quadrant, gestrichelte Linie) in Betracht gezogen werden.

bedeutet, dass die Maske für jeden Punkt des gesamten Raumfrequenzbereiches eine spezielle Verwaschungsfunktion aufweisen muss. Die Wirkung einer solchen Maske ist dann diejenige eines Raumfrequenzfilters [4].

Den prinzipiellen Unterschied zwischen einer scharfen und einer unscharfen Maske bei kleinen Details zeigt Abbildung 8 am Beispiel einer scharfen Kante.

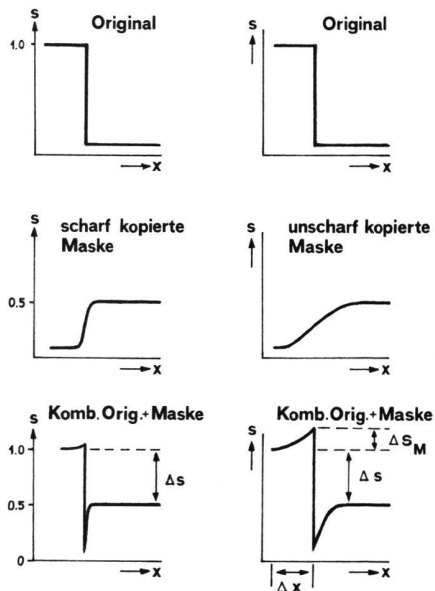


Abb. 8 Schematische Darstellung der Maskenwirkung an einem kleinen Detail (Kante); a) mit scharfer Maske, b) mit unscharfer Maske (Amplitudenmaske).

Darin bedeutet

- $\Delta S$  = Schwärzungsumfang der Maske
- $\Delta S_M$  = Schwärzungsüberhöhung an der Kante
- $\Delta X$  = Breite der Schwärzungsüberhöhung (Maskensaum)

Die notwendige Verwaschung der Amplitudenmaske kann auf verschiedene Arten realisiert werden. Die einfachste Methode besteht darin, dass man die Maske unscharf kopiert. Praktisch geht man dabei so vor, dass man beim Kopieren Streufolien zwischen Original und Empfangsschicht legt (Abb. 9).

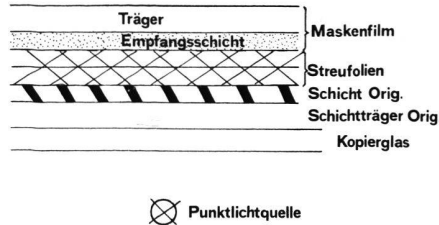


Abb. 9 Schematische Darstellung der Kopieranordnung zur Herstellung von Amplitudenmasken

Im normalen Arbeitsablauf erstellt man auf die beschriebene Art und Weise vom Halbtondurchsichtsbild eine entsprechende Amplitudenmaske, die dann passgenau mit der Vorlage zusammenmontiert wird. Von dieser Kombination können Kopien gezogen werden, welche die Detailstruktur merklich verbessern, sofern dabei die Grautonwiedergabe des Übertragungsprozesses in Betracht gezogen wird. Bei allen optischen Übertragungssystemen muss das Auftreten von Streulicht mit berücksichtigt werden. Der Streulichtanteil ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie u.a. vom Leuchtdichteumfang des Originals und vom Verhältnis der Flächenausdehnung der hellen und dunklen Bildstellen. Sein Auftreten äußert sich dadurch, dass die Bildübertragung bei der Grautonwiedergabe nicht mehr linear verläuft (siehe Abb. 7).

Man arbeitet deshalb mit Vorteil in einem Übertragungsbereich, in dem der Streulichtanteil vernachlässigt werden kann, d.h. bis zu 2% Streulicht ungefähr  $\Delta S < 1.20$

Die hier beschriebenen Verfahren kommen bei der Herstellung spezifischer Orthophoto-Wiedergaben zum Einsatz. Selbstverständlich sind diese mit klassischen photographischen Methoden gelösten Probleme der Tonreproduktion prinzipiell auch mit digitaler Bildverarbeitung lösbar. Allerdings ist damit auch ein wesentlich höherer Investitions- und Kostenaufwand notwendig.

## Die Umsetzung von Halbtonbildern in Strichelemente

Filme mit der Bezeichnung (Lith) unterscheiden sich gegenüber Halbtonfilmen durch ihre extrem steil arbeitende Gradation. Die erreichbaren Maximalschwärzungen von Lithfilmen liegen extrem hoch ( $S > 5$ ). An der Stelle  $E_S$ , der Belichtungsschwelle, wird das Filmmaterial von Transparent auf Opak (diskriminiert) (Abb. 10). Solche Lithmaterialien zeigen einen sehr kleinen Belichtungsbereich  $\Delta \log H$  für den Übergang von voller Transparenz zur höchsten Schwärzung ( $\gamma$ -Wert  $\approx 10-20$ ). Die Empfindlichkeitsschwelle  $E_S$  bestimmt die nötige Belichtung, bei der eine Schwärzung entsteht.

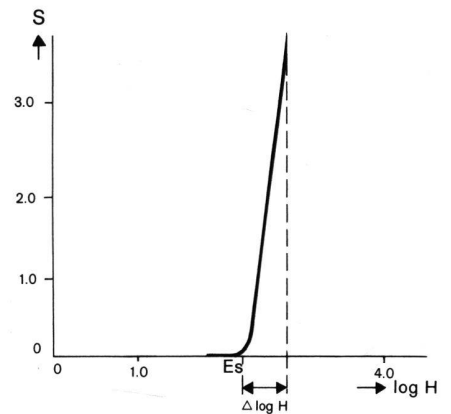


Abb. 10 Schwärzungskurve einer Lithschicht, aufgetragen in Funktion der Belichtung  $\log H$ .  $E_S$  = Empfindlichkeitsschwelle,  $\Delta \log H$  = Belichtungsumfang

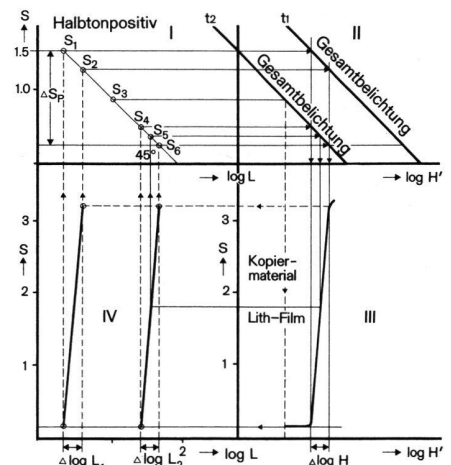


Abb. 11 Wiedergabe ausgewählter Schwärzungsniveaus einer Halbtonvorlage mit einem Lithmaterial in zwei verschiedenen Gesamtbelichtungen  $t_1$  und  $t_2$

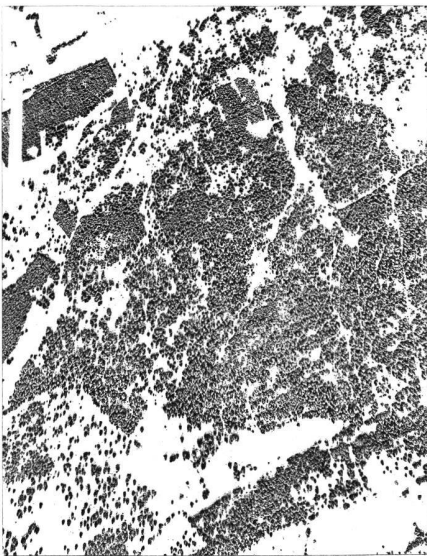


Abb.12 Beispiel einer direkt vom Halbtonbild kopierten Waldstruktur. Die teilweise restlichen Mitteltöne wurden mit einer photographischen Strichschablone eliminiert.

Die Arbeitsweise von Lithmaterialien geht aus Abbildung 11 anschaulich hervor.

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass bei einer Gesamtbelichtung  $t_1$  alle Halbtonbildpunkte des Halbtonoriginals mit einem Schwärzungsumfang  $\Delta S_p$  von  $S > S_2$  mit voller Schwärzung wiedergegeben werden. Dagegen bleiben alle Halbtonbildpunkte mit  $S < S_2$  ungeschwärzt, also transparent.

Verschiebt man die Gesamtbelichtung nach  $t_2$ , so ändert die Situation, indem nur die Halbtonschwärzungen zwischen  $S_6$  und  $S_4$  durch den Lithfilm geschwärzt werden.

Je nach der Wahl der Belichtung kann man damit die (Diskriminierung) der Halbtonschwärzungen in interessierende Flächenbedeckungen (IV. Quadrant) verlegen. Ein Beispiel dieser Art zeigt Abbildung 12, indem die Waldstruktur direkt als bildformende Struktur in ein Strichbild umgesetzt wurde.

Nutzt man die chemischen Eigenschaften der Lithentwicklung zur Erzeugung von Nachbareffekten aus, so erhält man – insbesondere bei sehr langer Belichtung und bewegungsloser Entwicklung – Strichbilder von extrem feiner Strukturierung.

Mit Hilfe von zusätzlichen Masken oder Retouchen kann man dafür sorgen, dass in der Weiterverarbeitung unerwünschte Originalschwärzungsbereiche nicht mitkopieren. Man erreicht dieses Ziel oft auf photographischem Wege, indem man die Belichtung und die



Abb.13 Durch Umkopieren vom Halbtonbild photographisch erzeugte Maskenschablone

Entwicklung für die Maske so wählt, dass sie wie eine Schablone wirkt (Abb. 13).

Diese Maskenschablone eignet sich aber nicht nur für die Eliminierung unerwünschter Bildinhalte, sondern auch als Kopiervorlage zur Herstellung zusätzlicher Farbplatten etc., in dieser Absicht z.B. zum Aufbau einer entsprechenden grünen, allenfalls mit Raster aufgehellten Teildruckplatte, als Überdruck zu einem schwarzen Waldstrukturbild. Eine weitere Anwendung zu diesem Thema ist die generelle Aufhellung des Waldstrukturbildes mit feinen Kopierrastern, wie das Beispiel Abbildung 14 zeigt.

### Das (Tone-Line)-Verfahren

Ein Verfahren, das für die Strichumsetzung von Halbtonbildern ein scharfes gegenläufiges Schwärzungsbild als Raumfrequenzfilter benutzt, ist das sogenannte (Tone-Line)-Verfahren [5]. Da-

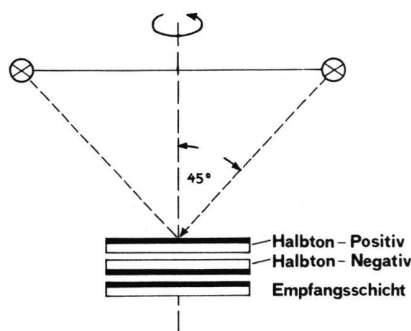


Abb.15 Beleuchtungsgeometrie und Kopieranordnung beim Tonlinienverfahren

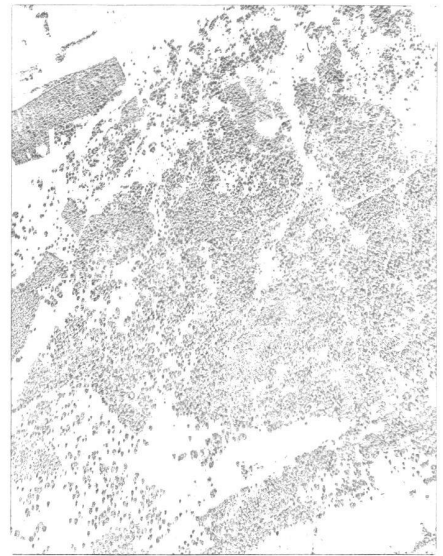


Abb.14 Der gleiche Sachverhalt wie Abb. 12, jedoch mit einem Rastertonwert von 40% in 120 L/cm Rasterweite aufgehellter Waldstruktur

bei wird ein negatives Durchsichtsriginal mit einem davon kopierten gradationsgleichen Positiv Schichtträger auf Schichtträger passgenau zusammenmontiert und hinter einer rotierenden Punktlichtquelle auf ein steil arbeitendes Material (Lithfilm) kopiert (Abb. 15).

Die belichtete Kopie wird im Lithentwickler entwickelt. Das Resultat ist dann ein Strichbild (Abb.14 und 15), dessen Strichstärke von der Beleuchtungsgeometrie abhängig ist.

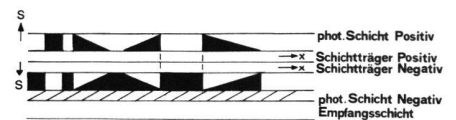


Abb.16 Schematische Darstellung der überlagerten Schwärzungsprofile von Halbton-Positiv und -Negativ. Das unter ca. 45° einfallende Kopierlicht kann nur an den hochfrequenten Bildstrukturen (Kanten) belichtungswirksam werden.

Das Originalnegativ und dessen gegenläufiger positiver Bildpartner wirken zusammen wie ein schmalbandiges Hochpassfilter, in dem nur die Kanten, also nur die hohen Raumfrequenzen, belichtungswirksam werden (Abb. 16).

Damit können relativ feine Strichbilder nach Halbtonvorlagen erstellt werden. Für die Bildwirkung spielt es dabei eine wesentliche Rolle, welches der beiden Durchsichtsbilder – das negative oder das positive – der Schichtseite des Lithfilmes zugekehrt ist (Abb. 17 und 18).

Es lässt sich leicht vorstellen, dass das Tonlinienbild zur Unterstützung des ursprünglichen Halbtonbildes herangezogen werden kann, indem man dazu zuerst das Tonlinienbild zu einem Negativ umkopiert und dann mit dem entsprechenden Halbtonnegativ zusammenbelichtet. Der Schwärzungsgrad der Tonlinienkontur kann dabei mit der Belichtungszeit und eventuell mit entsprechender Halbtonentwicklung gesteuert werden. Am besten ist es in diesem Fall, wenn man als Strichkopiervorlage ein Tonlinienbild verwendet, das bei der Herstellung mit dem negativen Halbtonbild in Kontakt belichtet worden ist. Die dabei entstehenden sehr schmalen Schwärzungsüberhöhungen an den Bildstruktur-Kanten können besonders im Gebiet der maxima-



Abb. 17 Tonlinienbild: Kontakt von negativem Bildpartner



Abb. 18 Tonlinienbild: Kontakt von positivem Bildpartner

len Halbtonpositivschwärzung zur besseren Detailwiedergabe in diesem sonst wenig differenzierfähigen Bereich beitragen (Abb. 19a und b).

Abb. 19a Schematische Darstellung der Tonlinien-Schwärzungsprofile in Funktion vom Logarithmus der Leuchtdichte (stark vereinfachte Darstellung) mit verschiedenem Schwärzungsumfang  $\Delta S_1$  und  $\Delta S_2$

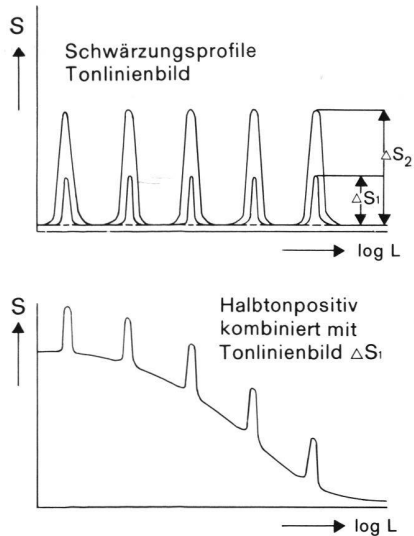


Abb. 19b Die Wirkung der Tonlinienstruktur, einem Halbtonpositiv überlagert

Da das Tonlinienbild prinzipiell keinen Unterschied macht, aus welchem Schwärzungsbereich der Vorlage die Kontur gezogen wurde, sondern generell auf hohe Raumfrequenzen anspricht, muss man von Fall zu Fall entscheiden, in welchem Ausmass und in welcher Stärke man das Tonlinienbild zum Zug kommen lassen will.

Tonlinienbilder eignen sich aber auch in Form eines schwachen Linienbildes zur Verstärkung der Detailstruktur, wenn diese dem Halbtonbild direkt passgenau hinterlegt werden. Bei solchen «Auflegemasken» muss man beachten, dass man sie ihrer Entstehung nach mit den entsprechenden Halbtonbildern zusammenbringt. Auf das Halbtonpositiv legt man mit Vorteil jenes Tonlinienbild, das bei der Herstellung dem Halbtonnegativ zugekehrt war, und auf das Halbtonnegativ dasjenige, welches dem Halbtonpositiv zugekehrt war.

Es ist auch denkbar, dass Tonlinienbilder nicht nur zur Verbesserung der Detailstruktur dienen, sondern auch zu selbständigen thematischen Aufgaben herangezogen werden könnten. So wäre es durchaus möglich, zeitlich verschiedene thematische Zustände mit Tonlinienbildern darzustellen, sofern diese farblich oder – bei genügender Strichbreite – mit entsprechend abgestuften Rastertonwerten gegeneinander differenziert werden können.

## Kornstrukturbilder als reproduktionstechnisches Gestaltungsmittel in der Kartographie

Unter Kornstrukturbilder sind rasterlose Abbildungen von photographischen Halbtonvorlagen zu verstehen, bei denen als bildformende Elemente das photographische Korn des Silberbildes selbst herangezogen wird. Solche Bilder zeichnen sich aus durch eine auffallende Schärfe der Detailstruktur in den maximal geschwärzten Bildstellen, die im Gegensatz zum autotypischen Rasterverfahren als zusammenhängende Formen wiedergegeben werden können und dadurch eine bessere Detailstruktur ermöglichen.

Die Aufgabe läuft auf eine Erhöhung des Kontrastes der hohen Raumfrequenzen des Bildes hinaus (Abb. 20). Dadurch unterscheidet sich das Verfahren nicht wesentlich von der Gradationsmaskierung eines Halbtonbildes, bei der mehr oder weniger unscharfe (verwaschene) Masken verwendet werden. Das Verfahren stellt jedoch einen Grenzfall dar insofern, als durch einen gezielten hohen Verwaschungsgrad der Maske der «Schärfeeindruck» maximal erhöht wird, so dass nur Strukturelemente zu Bildträgern werden.

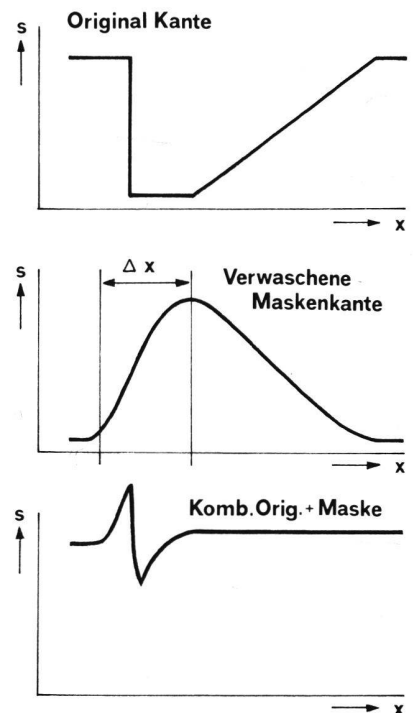


Abb. 20 Das Zusammenwirken einer Amplitudenmaske mit einer scharfen Originalkante  $\Delta X_0$  bei extremer Verwaschung  $\Delta X_M$  der Amplitudenmaske. Die dargestellte Gradienten-Veränderung entspricht  $\gamma \approx 1$

In der präparierten Form nimmt diese Maske vorwiegend Einfluss auf den tieffrequenten Bildanteil, indem sie die makroskopischen Helligkeitswerte unterdrückt, was zu einer Verstärkung der

hochfrequenten Bildstruktur führt. Der massgebliche Unterschied der beiden Verfahren liegt in der Zielsetzung: Im einen Fall will man durch eine Gradationsveränderung eine verzerrungsfreie Wiedergabe eines Halbtonbildes, im anderen Fall eine (strichartige) Kornstrukturwiedergabe, die den Halbtoncharakter der Vorlage nach vorgeplanten Vorstellungen simuliert.

Beim Tonlinienverfahren wirkt eine gradationsgleiche scharfe Maske zusammen mit dem Original wie ein schmalbandiges Hochpassfilter. Durch eine rotierende Lichtquelle erfahren die Transparenzamplituden von Original und Maske gegenseitig eine Ortsverschiebung. Durch diese eigentliche Translation der Maske gegenüber dem Original wird das Kantenprofil zum lichtmodulierenden Bildpunkt. Das so auf Lithfilm kopierte Resultat ist dann ein Strichbild, dessen Strichbreite von der Beleuchtungsgeometrie abhängig ist.

Demgegenüber bleiben beim Kornstrukturbild Original und Maske während des Kopierprozesses unverändert. Wie bei der Gradationsmaskierung erreicht man die notwendige Verwaschung der Amplitudenmaske durch unscharfes Kopieren der Originalvorlage, indem man Streufolien zwischen Original und Empfangsschicht legt. Je nach Dicke und Streuwirkung der zwischengelegten Folien erzielt man eine stärkere oder schwächere Verwaschung des Raumfrequenzspektrums dieser Maske. Um in bezug auf die Tonwerte ein gezieltes und kontrolliertes Verfahren zu beschreiben, muss man dabei die Tonreproduktion in Betracht ziehen (Abb. 21).

Die angestrebte Kornstruktur soll für die Reproduktion als bildformendes Ele-

ment massgebend sein, d.h. mit der Kornstruktur wird die Zerlegung der Halbtonvorlage in druckende und nichtdruckende (Partikel) vorgegeben. Das bedeutet, dass man eine Tonreproduktion mit extrem steil arbeitendem Kopiermaterial braucht, mit dem der hochfrequente Bildanteil – zu dem die Kornstruktur gehört – in hohem Masse verstärkt werden kann.

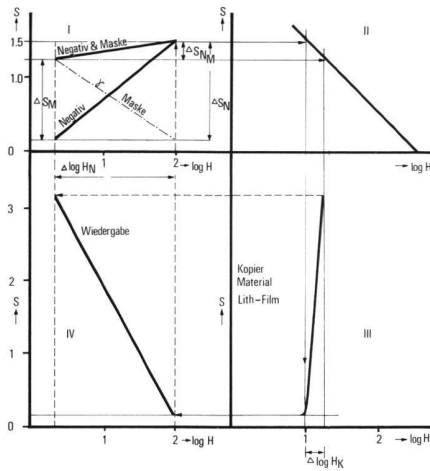


Abb. 21 Tonreproduktion, wie sie bei der Herstellung von Kornstrukturbildern zur Anwendung kommt.

Aus dem Tonreproduktionsdiagramm Abbildung 21 lässt sich ersehen, dass die Maske einen Gammawert von  $\gamma \leq 1$  aufweisen muss, um den Schwärzungsumfang der Halbtonvorlage  $\Delta S_N$  zu  $\Delta S_{N+M}$  zu reduzieren (I. Quadrant), so dass zum ausnutzbaren Belichtungsumfang  $\Delta \log H_K$  des Kopiermaterials (III. Quadrant) Übereinstimmung herrscht und somit  $\Delta S_{N+M} = \log H_K$

erfüllt wird. Den gewünschten Gammawert erreicht man durch eine entsprechende Steuerung der Entwicklungszeit bei der Maskenherstellung.

Eine so kopierte Maske wird passgenau auf die Originalrückseite (Abb. 22) montiert und davon im Kontakt mit Punktlicht auf extrem steil arbeitendes Kopiermaterial (Lithfilm) kopiert.

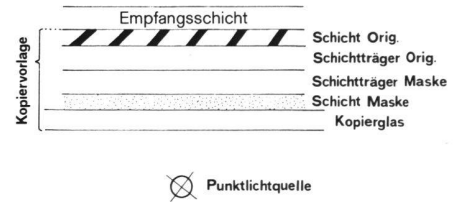


Abb. 22 Schematische Darstellung zur Herstellung von Amplitudenmasken

Dieser Kopierprozess erfordert insofern etwas Geschick, als es dabei darum geht, die Korngrösse unter Kontrolle zu bringen.

Mit einem Lithentwickler und mit starker Bewegung des Bades wird man (härtere) Resultate erzielen als mit einem kontrastreich arbeitenden Halbtonentwickler. Es ist auch, je nach Zielsetzung, gar nicht nötig, schon in einem ersten Schritt ein für die Druckplattenherstellung kopierfähiges Kornstrukturbild zu machen. Viel wesentlicher ist es, zuerst ein Strukturbild mit möglichst hoher Korndichte pro Flächeneinheit zu erzeugen. Dieses Zwischenresultat verarbeitet man durch Umkopieren zu einem kopierfähigen Offsetpositivfilm, welcher die geforderte Kopierdichte  $S > 2.0$  hat. Abbildung 23 zeigt ein Beispiel eines nach diesem Verfahren erzeugten Kornstrukturbildes.

### Probleme der Bildgestaltung bei der Kombination von Kornstruktur und Rasterbildern

Je nach kreativer Absicht oder drucktechnischen Gegebenheiten will man nicht unbedingt ein zum Original tonwertrichtiges Kornbild erzeugen. So kann man z.B. von einem Orthophoto die Kornstruktur nur in einem Teilbereich des gesamten verfügbaren oder vorgegebenen Schwärzungsumfanges zur Wirkung kommen lassen und diese in den übrigen Tonwerten mit einem autotypisch gerasterten Teilbild aus Gründen der Hell-Dunkel-Modulation ergänzen oder überlagern. Ein Muster dieser Art zeigt Abbildung 24.

Solche Überlagerungen können sehr wirkungsvoll sein; man darf dabei aber nicht übersehen, dass im Schwarz-Weiss-Bereich, je nach Grössenord-



Abb. 23 Kornstrukturbild nach einer Orthophoto-Halbton-Vorlage

nung der Einzelemente von Korn und Rasterpunkt, eine gegenseitige Konkurrenzierung auftreten kann.

Die Periodizität des autotypischen Rasters verleiht diesem – im Gegensatz zur statistisch verteilten Kornstruktur – eine gewisse kompakte, charakterlose Dominanz. Dies kann bei der Überlagerung von Korn und Raster insofern eine Rolle spielen, als das autotypische Raster, je nach Flächenbedeckung (Rastertonwert) und Rasterweite, die Bildwirkung des Kornes bis zu einem gewissen Grad aufheben kann. Man muss deshalb für die bildformenden Beiträge von Korn und Raster in qualitativer und quantitativer Hinsicht auf eine gezielte Zuteilung der Aufgabenbereiche bedacht sein.

Versuche bestätigen, dass es durchaus gelingt, Kornstrukturen- und autotypisch gerasterte Bilder an einer kombinierten vollständigen Grautonwiedergabe beteiligen zu lassen. Abbildung 25a zeigt ein Beispiel dieser Art. Dabei wurde dem Kornstrukturbild die detailverstärkende Aufgabe in den Schattenpartien zugeordnet, womit die Detailstruktur durch entsprechende Akzente verbessert wird, wie ein Vergleich mit einer gewöhnlichen autotypisch gerasterten Wiedergabe (Abb. 25b) zeigt.

Interessante Gestaltungsmöglichkeiten mit Korn und Raster ergeben sich bei farbigen Darstellungen. Dann nämlich können Korn und Raster durch geeignete Wahl von Farbton und Helligkeit gegeneinander deutlich abgegrenzt werden. Kornstrukturbilder können mit autotypischen Rastern problemlos überlagert werden, da aufgrund der statistischen Orts- und Korngrößenverteilung keine Interferenzbilder, sogenannte Moirées, zu erwarten sind, wie dies beim Zusammendruck autotypisch gerasteter Bilder der Fall ist.

Als geeignet und wirksam zeigen sich Kornstrukturbilder zur Wiedergabe von Vegetation, Wald, Felsstruktur etc. mit Farben (Gelb, Grün, Grau). Besonders für Waldgebiete zeigen Kornstrukturbilder eine bessere Detailstruktur als autotypisch gerasterte Bilder (siehe dazu Tafel 2, schwarz gedrucktes Beispiel einer Waldstruktur).

Die selektive Bearbeitung einer solchen Schwarz-Weiss-Vorlage zu Farbauszügen kann in weiten Grenzen mit zusätzlichen Masken photomechanisch gesteuert werden. Je nach dem Verlauf der Schwärzungskurve des Maskenmaterials lässt sich damit die Schwärzungskurve der Kombination von Maske und Original manipulieren und verformen. Solche Verformungen gelingen vor allem dann, wenn die Schwärzungskurve des Maskenmaterials kürzer und steiler verläuft als diejenige des Originals.



Abb. 24 Kornstruktur- und autotypisch gerastertes Orthophoto kombiniert. Die Rastertonflächenbedeckung der dunkelsten Stelle des gerasterten Bildbeitrages beträgt ca. 40% in 60 L/cm Rasterweite.

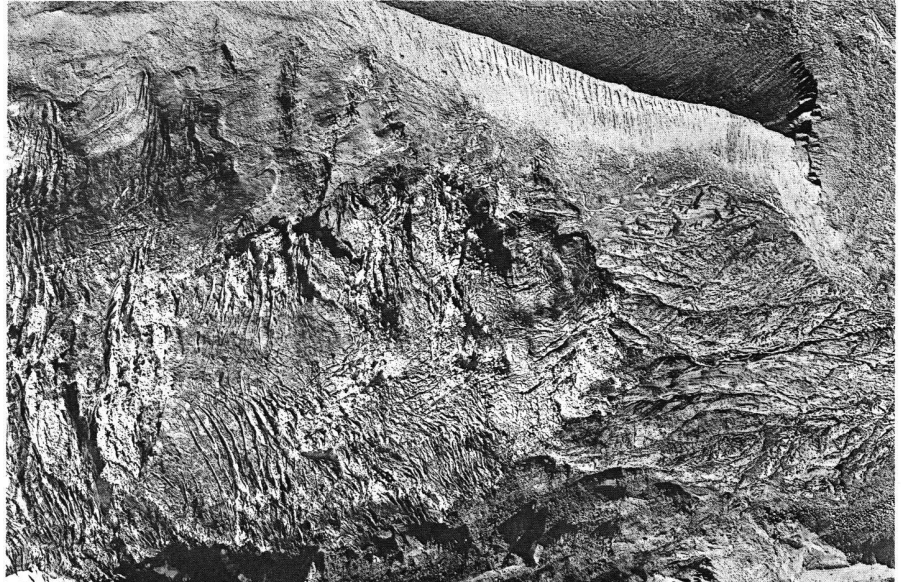


Abb. 25a Kornstruktur und autotypisch gerastertes Orthophoto kombiniert. Der Rastertonwertumfang des gerasterten Bildbeitrages beträgt ungefähr 5% bis 75% Flächenbedeckung in 60L/cm Rasterweite.

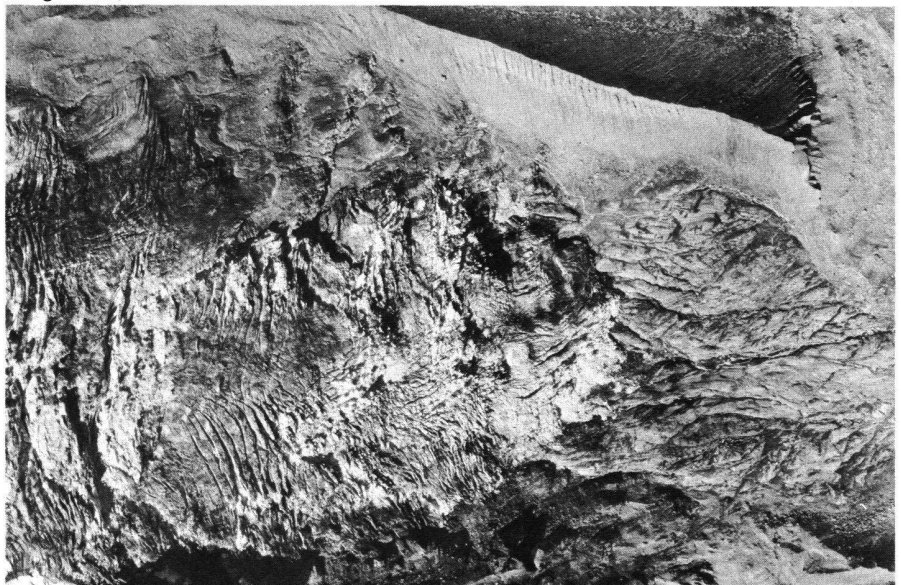


Abb. 25b Normale autotypische Wiedergabe eines Orthophotos in 60 L/cm Rasterweite

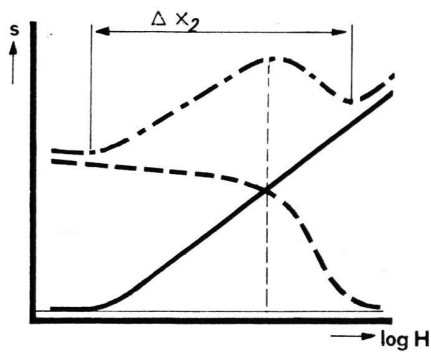
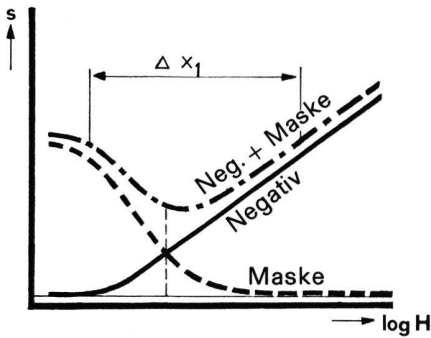


Abb. 26a/b Extreme Gradientenveränderung einer Originalnegativ-Schwärzungskurve am Beispiel a) einer unterbelichteten, b) einer überbelichteten Maske und der daraus resultierenden Gesamtschwärzungskurve zum Zweck der selektiven photomechanischen Grautonveränderung

Abbildung 26a zeigt ein relativ steil arbeitendes Maskenmaterial mit verhältnismässig kurzem geradlinigem Teil. Mit zunehmender Verschiebung der Maske (bei derselben Original-Schwärzungskurve) nach hohen Belichtungszeiten ändert die Kurvenform der Gesamtschwärzungskurve von Originalnegativ und Maske (Abb. 26b). Auf diese

Weise ist es möglich, ausgewählte Teilbereiche ( $\Delta x$ ) einer solchen Gesamtschwärzungskurve für die Kopie zu bevorzugen (Abb. 26a, Schwärzungseinsattelung  $\Delta x_1$ ) oder andere zu unterdrücken (Abb. 26b, Schwärzungsüberhöhung  $\Delta x_2$ ). Im Fall von Beispiel Abbildung 26a führt die positive Kopie zu einer Verstärkung der Tonwerte in den Mitteltönen; im Fall von Beispiel Abbildung 26b zu einer Abschwächung der Tonwerte in den Mitteltönen.

Werden solche Kopien ihrerseits als Masken verwendet, so ist leicht vorzustellen, dass damit bis zu einem gewissen Grad die Tonwertwiedergabe selektiv beeinflusst werden kann.

### Die Kombination von Kornstruktur- und Rasterbildern mit Umkehrfilmen, die den Herscheleffekt zeigen

Als interessant und wirkungsvoll erwies sich der Versuch, ein gerastertes Orthophoto mit einem Kornstrukturbild mit Hilfe von Direkt-Umkehrmaterialien, deren photographische Wirksamkeit auf dem Herscheleffekt beruht, zusammenzubelichten. Man benötigt dazu ein negatives Kornstrukturbild, das man in einem ersten Schritt mit langwelligem Licht einer Punktlichtquelle auf einen Autoreversalfilm (Agfa-Gevaert) aufbelichtet. Nach dieser ersten langwelligen Belichtung wird in einem zweiten Schritt kurzwellig nachbelichtet, ohne dabei das Original und die Empfangsschicht gegeneinander zu verschieben. Darnach wird die ursprüngliche Kopiervorlage (Kornstrukturbild) durch ein Rasterpositiv ersetzt (Abb. 27).

In diesem dritten Schritt wird die Belichtung wieder mit langwelligem Licht durchgeführt und der Film an-

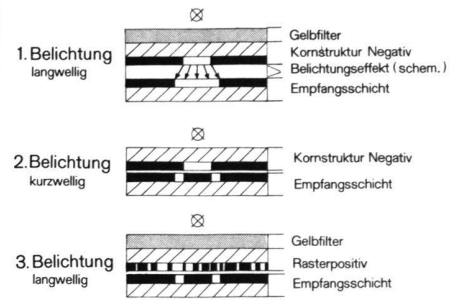


Abb. 27 Schematische Darstellung des Belichtungsablaufes für die Kombination von Kornstruktur- und Rasterbildern mit Umkehrfilmen, die den Herscheleffekt zeigen.

schliessend normal, d.h. mit Lithentwickler entwickelt. Es resultiert ein gerastertes Positiv, bei dem die Struktur in den «Schatten» verstärkt ist. Mit der Lupe betrachtet, bemerkt man ferner, dass die dabei auftretende starke Differenzierung zwischen «Linie» und «Rasterpunktfläche» auf eine feine transparente Kontur zurückzuführen ist, die Strich und Rasterpunkt trennt. Die Erscheinung ist darauf zurückzuführen, dass im ersten Teilschritt eine grosszügig bemessene Abbaubelichtung des latenten Bildes mit langwelligem Licht eingeleitet wurde (Herscheleffekt) (Abb. 28).

Zusammen mit der dabei wirksamen schichtinternen Streuung wird die Strichbreite dadurch generell vergrössert. Eine nachfolgende kurzwellige Belichtung mit relativ kurzer Belichtungszeit kann in der bereits langwellig abgebauten Schicht nur im Zentrum der zerstörten Latentbildelemente ein neues Latentbild formieren, so dass zwischen dem Gebiet der langwelligen Abbaubelichtung und der kurzwelligen Aufbaubelichtung ein feiner, nicht entwickelbarer Saum übrigbleibt. Dieser Saum wirkt, obwohl kaum sichtbar, als kontraststeigernde Kontur, so dass sich dadurch die Detailstruktur deutlicher abhebt.

### Literatur

- [1] G. W. Stroke, F. Furrer and D. R. Lamberty: Deblurring of Motion-Blurred Photographs Using Extended-Range Holographic Fourier-Transform Division. In: Optics Communications, Vol. 1, number 3, July/August 1969
- [2] Frieser, H.: Untersuchungen über die Wiedergabe kleiner Details. Photogr. Korr. 91, (1955) S. 69. Ebenda 92 (1956) S. 51, 183
- [3] W. Krug und H.-G. Weide: Wissenschaftliche Photographie in der Anwendung. Akademische Verlagsgesellschaft Geist + Portig K.-G., Leipzig 1972
- [4] J. D. Armitage, A. W. Lohmann and R. B. Herrick: Absolute Contrast Enhancement Applied Optics, Vol. 4, page 445, April 1965
- [5] «Line Effects from Photographs by the Tone-Line-Process». Kodak Rochester, USA 1953

Adresse des Verfassers:  
F. Furrer, Institut für Kartographie,  
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich



Abb. 28 Beispiel zu Kombination von Kornstruktur- und Rasterbildern mit Umkehrfilmen, die den Herscheleffekt zeigen.