

Geländedarstellung in Schichtlinien, bei der jede Schichtlinie für die betreffende Höhe die Formen des Geländes mit allen Einzelheiten, Unregelmäßigkeiten und Zufälligkeiten zum Ausdruck bringt, eine Überarbeitung vom topographischen Standpunkt verlangt. Eine solche Überarbeitung von photogrammetrisch entstandenen Schichtlinien erfordert die Einzeichnung der aus den Schichtlinien sich ergebenden Rücken-, Mulden- und Gefällwechsellinien; diese Geripplinien bilden die Grundlage für die Überarbeitung, bei der der Maßstab der Zeichnung und die Entstehung der Geländeformen entsprechend zu berücksichtigen sind. Die Überarbeitung, die nicht einfach in einer Unterdrückung von sämtlichen Kleinformen bestehen darf, erfordert einen sicheren Blick für Geländeformen und morphologische Kenntnisse.

Die Wahl und damit die Zahl oder der Höhenabstand der zu zeichnenden Schichtlinien ist insbesondere abhängig vom Maßstab der Zeichnung, von den Neigungsverhältnissen des Geländes und von den morphologischen Verhältnissen; es müssen einerseits so viele Schichtlinien gezeichnet werden, als der Charakter der Geländeformen erfordert, es dürfen aber andererseits nicht mehr aufgenommen werden, als die Lesbarkeit der Karte zuläßt.

Bei den Maßstäben 1:2500, 1:5000, 1:10000 und 1:25000 sind Schichtlinien mit einem Höhenabstand von 20 m, 10 m und 5 m allgemein üblich. Sind in ebenem Gelände und bei entsprechendem Maßstab weitere Unterschichtlinien erforderlich, so wird hierfür entweder ein Höhenabstand von 1 m oder besser 2,5 m bzw. 1,25 m bzw. 0,625 m gewählt. Wird aus irgendeinem Grunde an einer Stelle eine 1 m-Schichtlinie gezeichnet, so empfiehlt es sich, in derselben Ausdehnung auch die drei anderen 1 m-Schichtlinien zwischen den beiden einschließenden 5 m-Schichtlinien zu zeichnen.

Die einzelnen Schichtlinien sind durch verschiedene Stricharten zu unterscheiden; z. B. in der Weise, daß man die 10 m-Linien durch eine volle, die 5 m-Linien durch eine langgerissene und die 2,5 m-Linien durch eine kurzgerissene Linie darstellt.

4. Die Ausführung von Geländeaufnahmen.

Bei der Aufnahme der Geländeformen mit Benutzung des Tachymetertheodolits oder des Meßtisches kann man zwei Arten der Aufnahme unterscheiden; bei der einen Art wird die Geländedarstellung auf Grund der aufgenommenen Punkte im Felde durchgeführt, bei der anderen Art werden die Schichtlinien erst später im Zimmer gezeichnet. Beide Arten haben ihre Vorteile und Nachteile.

Eine im Felde, also im unmittelbaren Anblick des Geländes ausgeführte Geländedarstellung liefert zweifellos eine der Wirklichkeit näher kommende, naturgetreuere Wiedergabe der Geländeformen als eine im Zimmer in der Hauptsache auf Grund der aufgenommenen Punkte ausgeführte. Eine im Felde durchgeführte Geländedarstellung erfordert im allgemeinen weniger festzulegende Punkte als eine im Zimmer durch-

zuführende¹; insbesondere werden Fehler bei der Aufnahme einzelner Punkte bei der Schichtlinienzeichnung im Felde bei entsprechender Aufmerksamkeit sofort erkannt; bei der Bearbeitung im Zimmer ist dies nicht immer der Fall. Erfolgt die Schichtlinienzeichnung im Zimmer, so kann man zeitraubende und kostspielige Nachmessungen nur dadurch umgehen, daß man so viele Punkte aufnimmt, daß ein gelegentlich als fehlerhaft erkannter Punkt ohne Schaden weggelassen werden kann. Der Hauptnachteil der im Felde durchgeführten Geländedarstellung besteht darin, daß sie bei der Feldarbeit mehr Zeit beansprucht und damit u. U. größere Kosten verursacht. Die Zeichnung der Schichtlinien im Felde empfiehlt sich deshalb nur für den Fall, daß die Geländeformen im Gelände wirklich zu erkennen sind. Im dichten Wald und in einem Gelände mit nur geringen Höhenunterschieden, wo die Formen des Geländes kaum oder gar nicht zu erkennen sind, überdeckt man das Gelände gleichmäßig mit Punkten und zeichnet auf Grund dieser Punkte die Schichtlinien zu Hause.

Bis zu einem gewissen Grad ist die Art der Aufnahme abhängig von dem Maßstab, in dem die Schichtlinienzeichnung auszuführen ist. Bei einem kleinen Maßstab muß man sich bei der Aufnahme der Geländeformen sowie des Grundrisses mit weniger festzulegenden Punkten begnügen als bei einem großen Maßstab; bei einem kleinen Maßstab — insbesondere 1:25 000, aber auch noch 1:10 000 — empfiehlt es sich, die ganze, auf den Grundriß und die Geländedarstellung sich beziehende Zeichnung im Felde so weit in Blei durchzuführen, daß im Zimmer nur noch eine Überzeichnung in Tusche notwendig ist. Im Zusammenhang hiermit ist nochmals darauf hinzuweisen, daß die mit dem Meßtisch durchzuführende Aufnahme in 1:25 000 oder 1:10 000 eine größere Geschicklichkeit und Übung erfordert als eine Aufnahme in großem Maßstab.

Da es auch für den geübten Aufnehmer im allgemeinen leichter ist, in einem bestimmten Geländepunkt die senkrecht zu den Höhenschichtlinien verlaufende Richtung des größten Gefälles oder die „Abfallrichtung“ anzugeben als die Schichtlinie selbst, so kann man die Aufnahme des Geländes auch in der Weise durchführen, daß man im Gelände in jedem in der Zeichnung festgelegten Punkt die Abfallrichtung angibt. Die mehr Zeit in Anspruch nehmende Zeichnung der Schichtlinien kann dann im Zimmer auf Grund der aufgenommenen Punkte, Geripplinien und Abfallrichtungen ausgeführt werden; die Verwendung von Abfallrichtungen erleichtert die Schichtlinienzeichnung wesentlich.

Den vorstehenden Ausführungen entsprechend werden im folgenden drei Aufnahmearten unterschieden und besprochen.

a) **Die Höhenschichtlinien werden im Gelände gezeichnet.** Nach dem Gesagten kommt diese Art der Aufnahme nur für übersichtliches und nicht zu flaches Gelände in Frage, dessen Formen leicht zu erkennen sind. Die Durchführung der Aufnahme erfordert die sofortige genaue Ein-

¹ Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß die richtige Lage der Schichtlinien in der Zeichnung nur durch eine genügende Zahl von festgelegten Punkten erreicht wird.

tragung der einzelnen festgelegten Punkte. Die Aufnahme wird am besten von einem Topograph mit einem oder zwei Gehilfen ausgeführt; jeder Gehilfe hat eine Tachymeterlatte, die er in den festzulegenden Punkten aufzuhalten hat.

Der Vorgang bei der Aufnahme ist für einen Instrumentstandpunkt nach dessen Festlegung nach Lage und Höhe bei Verwendung des Tachymetertheodolits der folgende: Den Gehilfen werden vom Standpunkt des Instruments aus unter gleichzeitiger Beschreibung und Erklärung der Gelände- und Grundrißformen diejenigen Punkte angegeben, in denen sie die Latte zwecks Festlegung der Punkte aufzuhalten haben. Die Gehilfen halten hierauf in jedem Punkt die Latte auf und bezeichnen nach Ausführung der erforderlichen Messungen durch den Topographen die Punkte derart, daß sie leicht wieder auffindbar sind. Der Topograph macht am Instrument die auf jeden Punkt sich beziehenden Ablesungen und Rechnungen und trägt jeden Punkt mit seiner N. N.-Höhe in die Zeichnung ein. Sind alle im Umkreis in Frage kommenden Punkte nach Lage und Höhe festgelegt, so begeht der Topograph über die aufgenommenen Punkte das Gelände und zeichnet dabei die Schichtlinien und den Grundriß. Die Größe des von einem Standpunkt aus aufzunehmenden Gebietsstückes richtet sich nach der Erkennbarkeit der Geländeformen vom Standpunkt aus; im allgemeinen wird man nicht mehr als etwa 200 m gehen können.

Verwendet man den Meßtisch, bei dem wegen der Schwerfälligkeit des Instruments jeder Standpunkt möglichst ausgenützt werden muß, so geht man bei einem Standpunkt in der Entfernung der aufzunehmenden Punkte bis zu 400 m. Da man auf eine so große Entfernung die Geländeformen vom Standpunkt des Instruments aus dem Gehilfen nicht mehr angeben kann, so ist vor der Aufnahme der Punkte eine Begehung des Geländes erforderlich, bei der dem Gehilfen die Punkte angegeben und erforderlichenfalls bezeichnet werden; bei einem eingearbeiteten und interessierten Gehilfen genügt eine teilweise Begehung. Im übrigen erfolgt die Aufnahme wie bei Verwendung des Tachymetertheodolits, bei dem die Richtungen nach den festzulegenden Punkten am Instrument abgelesen und dann mit einem Winkelmesser in die Zeichnung eingetragen werden, während beim Meßtisch die Richtungen unmittelbar der Linealkante der Kippregel entlang gezeichnet werden.

b) Die Höhenschichtlinien werden an Hand der im Gelände aufgenommenen Abfallrichtungen im Zimmer gezeichnet. Auch diese Art der Aufnahme kommt nur für ein Gelände in Frage, dessen Formen zu erkennen sind; sie unterscheidet sich von der Aufnahmeart, bei der die Schichtlinien im Gelände gezeichnet werden, nur darin, daß an Stelle der Schichtlinien die Abfallrichtungen im Gelände in die Zeichnung eingetragen werden. Voraussetzung für die Einzeichnung der Abfallrichtung in einem Punkt ist, daß der Punkt seiner Lage nach genau in der Karte festliegt. Da die N. N.-Höhe des Punktes zur Angabe der Abfallrichtung nicht erforderlich ist, so kann sie später im Zimmer berechnet werden. Die Aufnahme wird von einem Topograph am besten mit zwei Gehilfen durchgeführt.

Das Einzeichnen der Abfallrichtung in einem bestimmten Punkt erfordert die Einrichtung der Zeichnung zum Grundriß; dies ist unter Heranziehung eines Gehilfen mit Benutzung eines anderen im Grundriß festliegenden und im Gelände unzweideutig sichtbaren Punktes — z. B. des Instrumentstandpunkts — in einfacher Weise möglich.

Die Einzeichnung der Abfallrichtungen ist besonders dann zu empfehlen, wenn als Grundlage für die Aufnahme eine Katasterkarte zur Verfügung steht, die unter Umständen eine große Zahl ihrer Lage nach festliegenden Punkte enthält; man hat dann die Möglichkeit, die Abfallrichtungen auch in solchen Punkten anzugeben, deren Höhe nicht bestimmt worden ist oder nur durch besondere Instrumentaufstellungen zu bestimmen wäre.

c) **Die Höhengichtlinien werden im Zimmer gezeichnet.** Hier müssen die aufgenommenen Punkte im Gelände nicht genau in die Zeichnung eingetragen werden; es genügt ein ungefährer Eintrag in einen Feldriß oder eine Feldkarte, der aber überall — besonders in unübersichtlichem Gelände wie im Wald — so genau auszuführen ist, daß die Verteilung der Punkte über das aufzunehmende Gebiet einwandfrei zu erkennen ist, so daß insbesondere nicht der Fall eintritt, daß einzelne Geländeteile überhaupt nicht erfaßt worden sind von Punkten. Wichtig ist, daß die im Feldriß eingetragenen Punkte und die auf sie sich beziehenden, in einem Feldbuch eingeschriebenen Messungen übereinstimmend und einwandfrei numeriert sind, so daß bei der nachfolgenden Ausarbeitung der Aufnahme keine Verwechslungen auftreten.

Diese Art der Aufnahme empfiehlt sich insbesondere für den Fall, daß die Aufnahme auf Grund einer vorhandenen Grundrißaufnahme in Gestalt einer Katasterkarte ausgeführt werden kann; das Aufnahmeinstrument ist dann der Tachymetertheodolit.

Zur Erleichterung der später auszuführenden Schichtlinienzeichnung und zur Vermeidung von Versehen in der Messung, Rechnung und Zeichnung werden im Feldriß die erkennbaren Rücken-, Mulden- und Gefällwechsellinien eingezeichnet, sowie Kuppen-, Kessel- und Satteldbildungen in passender Form angedeutet. Werden die aufgenommenen Punkte im Feldriß ihrer Lage nach einigermaßen richtig eingetragen, so empfiehlt es sich, im Zusammenhang mit ihnen an möglichst vielen Stellen die Formen des Geländes durch „Formlinien“, das sind ihrer Höhe nach beliebig liegende Schichtlinien, anzudeuten.

Die Aufnahme kann insofern auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden, als entweder ein Topograph allein mit einem oder zwei Gehilfen arbeitet oder ein Topograph und ein Hilfstopograph zusammen, am besten dann mit zwei Gehilfen arbeiten.

Arbeitet ein Topograph allein, so ist der Vorgang bei der Aufnahme für jeden Instrumentstandpunkt folgender: Nachdem der Standpunkt nach Lage und Höhe im Gelände markiert ist, liefern die vom Standpunkt aus erkennbaren Geländeformen beschrieben und die festzulegenden Punkte angegeben. Nach Ausführung der zur Festlegung der Punkte erforderlichen Messungen begeht der Topograph das Gelände und trägt dabei die von den Gehilfen leicht auffindbar be-

zeichneten Punkte mit einer der Messung entsprechenden Numerierung in die Karte ein, in der er zugleich die erkennbaren Geripp- und Formlinien sowie das für den Grundriß Erforderliche angibt.

Arbeiten ein Topograph und ein Hilfstopograph zusammen, so bedient der letztere das Instrument und führt an ihm die erforderlichen Messungen, Ablesungen und Aufschreibungen aus¹; der Topograph begeht unter Ausnutzung der Reichweite des Instruments das Gelände, gibt den Gehilfen die aufzunehmenden Punkte an, trägt diese mit einer den Aufschreibungen am Instrument entsprechenden Numerierung in die Karte ein und macht die auf die Geländeformen und den Grundriß sich beziehenden Aufzeichnungen.

Die Entscheidung darüber, ob besser ein Topograph allein arbeitet, oder ob die Zusammenarbeit von einem Topograph mit einem Hilfstopograph zu empfehlen ist, richtet sich nach der Übersichtlichkeit des Geländes und nach dem Umfang der vorhandenen Grundrißgrundlage. Die gemeinsame Arbeit von einem Topograph und einem Hilfstopograph empfiehlt sich nur bei übersichtlichem, freiem Gelände, wo man von jedem Standpunkt aus ein möglichst großes Gebiet — bis zu 400 m im Umkreis — aufnehmen kann, und nur für den Fall, daß — wie in engparzelliertem Gelände — die vorhandene Grundlage so viel im Grundriß festliegende Punkte enthält, daß der Eintrag der aufzunehmenden Punkte und der auf die Geländeformen sich beziehenden Linien in einfacher Weise möglich ist. Die Ausführung der Aufnahme durch nur einen Topographen kommt insbesondere dann in Frage, wenn — wie im Wald, in Baumgütern und in einem Gelände mit tiefen Einschnitten — von jedem Instrumentstandpunkt aus nur wenige Punkte festgelegt werden können, und wenn — wie in weitparzelliertem Gelände — die vorhandene Kartengrundlage nur wenige Anhaltspunkte zum ungefähren Eintrag der Punkte und Linien enthält. Die Aufnahme erfolgt dann am besten mit Hilfe von Bussolenzügen, wobei die Bussolenteilung zweckmäßigerweise so gedreht bzw. eingestellt wird, daß die mit der Magnetnadel abgelesenen Richtungswinkel von Parallelen zum Kartenrand aus gemessen sind.

Die Zahl der aufzunehmenden Punkte ist abhängig von den Formen des Geländes, vom Maßstab der Schichtlinienzeichnung, von dem Aufnahmeverfahren und von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Topographen. Je kleiner und vielgestaltiger die Formen des Geländes sind, desto mehr Punkte sind als Grundlage für die Schichtlinienzeichnung erforderlich. Je kleiner der Maßstab ist, desto weniger Kleinformen des Geländes kann man wiedergeben und desto weniger Punkte braucht man. Werden die Schichtlinien im Gelände gezeichnet, so kommt man mit weniger Punkten aus, als wenn die Schichtlinien im Zimmer gezeichnet werden. Ein erfahrener, mit der Geländedarstellung in Schichtlinien vertrauter und morphologisch geschulter Topograph braucht weniger Punkte für die Schichtlinienzeichnung als ein Anfänger

¹ Die mit dem Instrument auszuführenden Arbeiten erfordern keinen eigentlichen Topographen; sie werden deshalb von einer entsprechend ausgebildeten Hilfskraft ausgeführt.

oder ein solcher, der von der Entstehung der Geländeformen nichts weiß. Bei Aufnahmen in den Maßstäben 1:2500 und 1:5000 wählt man die Punkte im allgemeinen in Abständen von 40—60 m.

Hat man bei der topographischen Aufnahme eines Gebietes freies Feld und Wald aufzunehmen, so beginnt man, wenn möglich, mit der Aufnahme des Feldes; es hat dies den Vorteil, daß bei der Aufnahme des Waldes der Waldrand bereits festgelegt ist, und daß insbesondere bei der Feldaufnahme am Waldrand auf tachymetrischem Wege Festpunkte geschaffen werden, die bei den zur Waldaufnahme erforderlichen Bussolenzügen als Anschlußpunkte benutzt werden können. Bei der Aufnahme des freien Feldes wählt man die ersten Instrumentstandpunkte am besten so, daß man aus den Ecken des aufzunehmenden Gebietes heraus arbeitet; würde man in der Mitte des Gebietes beginnen, so entsteht leicht der Nachteil, daß man zum Aufnehmen der zuletzt noch fehlenden Ecken und Ränder sehr viel Instrumentaufstellungen nötig hat. Bei der Aufnahme des Waldes hat man insbesondere zu beachten, daß man vom Großen ins Kleine arbeiten soll, und daß die Bussolenzüge am besten langgestreckt verlaufen. Dabei können Punkte, die bei schon gemessenen Zügen festgelegt wurden, als Anschlußpunkte benutzt werden.

5. Die Genauigkeit und die Prüfung einer Geländedarstellung in Schichtlinien.

Von jeder Geländedarstellung in Schichtlinien muß man verlangen, daß die einzelnen Schichtlinien nicht nur Formlinien sind und als solche nur die Form des Geländes zum Ausdruck bringen, sondern daß sie ihrer Lage nach richtig liegen, so daß für jeden Punkt des Grundrisses die N. N.-Höhe zwischen den beiden nächstgelegenen Schichtlinien abgelesen werden kann. Die Schichtlinien müssen demnach einer bestimmten Genauigkeitsanforderung genügen.

Die Genauigkeit einer Geländedarstellung in Schichtlinien wird angegeben durch den mittleren Fehler μ der durch die Schichtlinien bestimmten Höhe irgendeines Punktes. Dieser mittlere Fehler ist abhängig vom Maßstab der Darstellung und insbesondere vom Neigungswinkel α des Geländes; er läßt sich angeben durch eine Gleichung von der Form

$$\mu = \pm (c + k \operatorname{tg} \alpha)$$

oder, wenn a den Abstand von zwei Schichtlinien mit dem Höhenunterschied h bedeutet, durch die Gleichung

$$\mu = \pm \left(c + k \frac{h}{a} \right).$$

Eingehende Untersuchungen¹ haben ergeben, daß man bei Aufnahmen im Maßstab 1:2500 als mittleren Fehler einhalten kann

im freien Feld $\mu = \pm (0,3 + 4 \operatorname{tg} \alpha)$ Meter,

im Wald $\mu = \pm (0,4 + 5 \operatorname{tg} \alpha)$ Meter.

¹ Vgl. Egerer, A.: Untersuchungen über die Genauigkeit der topographischen Landesaufnahme von Württemberg im Maßstab 1:2500. Stuttgart 1915.