

Die kartographische Geländeaufnahme mit einfachen Mitteln

von Dipl.-Ing.(FH) Uwe G. F. Kleim

zusammengestellt anlässlich der Skandinavien-Exkursion der Fachhochschule München
vom 13. bis 25.09.2000

Einleitung

Der vorliegende Text beschränkt sich auf die topographische Geländeaufnahme für die Fortführung großmaßstäbiger topographischer Karten im Gelände mit einfachen Mitteln. Auf die Neuherstellung einer Karte soll hier bewußt nicht näher eingegangen werden. Vielfach wird heute auf die Geländeerkundung verzichtet. Es stellt sich die Frage: Ist der Weg ins Gelände überhaupt noch erforderlich?

Die Antwort lautet eindeutig ja. Zwar kann man heute einen Großteil der Kartenfortführung mit Luftbildern bewerkstelligen; aber Luftbilder enthalten in manchen Bereichen kaum oder gar keine Informationen oder sie verleiten zu Fehlinterpretationen. Diese können nur durch eine Erkundung vor Ort ausgeräumt werden. Außerdem kann aus Kostengründen nicht für jede Fortführung eine eigene Befliegung des Gebietes in Auftrag gegeben werden.

Grundlagen für die topographische Geländeaufnahme

Kartiergrundlage für die topographische Geländeaufnahme ist in der Regel eine Blaupause des farbvereinten alten Karteninhaltes, der bereits in den wesentlichen Teilen aus aktuellen amtlichen Karten, Orthophotos und/oder Luftbildern und sonstigen Quellen fortgeführt worden ist.

Da die Geländeerkundung einen sehr kostenintensiven Faktor bei der Kartenfortführung bildet, ist eine vorherige sorgfältige Planung unbedingt notwendig. Nur die Gebiete, deren Erkundung nur durch die örtliche Begehung fortzuführen oder zu kontrollieren sind, sind mit entsprechenden Vermerken über das, was in Augenschein genommen werden soll, herauszufiltern. Anschließend ist ein Ablaufplan zu erstellen, so daß der kürzeste Weg alle anzugehenden Gebiete miteinander verbindet.

Wichtig ist weiterhin, daß der Topograph, der das Gelände erkundet und seine Erhebungen in das Begehungsblatt einarbeitet, die Signatursprache der fortzuführenden Karte beherrscht. Bereits bei der Einarbeitung der Veränderungen ist der jeweilige Zeichenschlüssel zu verwenden, damit es später nicht zu Fehlinterpretationen und lästigen, zeitintensiven Rückfragen kommt.

Hilfsmittel für die topographische Geländeaufnahme

Höhenmesser

Grundvoraussetzung für eine genaue und brauchbare Kartierungsarbeit im Gelände ist die Positionsbestimmung. Der Topograph muß in der Lage sein, stets seinen aktuellen Standort in der Karte (im Begehungsblatt) zu bestimmen. Das geschieht in erster Linie durch einen Vergleich zwischen Natur und Karteninhalt. Das bedeutet, der Topograph muß die Karte lesen können. Es bedeutet aber auch, daß die Positionsbestimmung in der Karte nur so gut sein kann, wie genau die Karte ursprünglich erstellt worden ist. Abbildung 1 zeigt anhand einer Schrägaufnahme und zweier Karten-

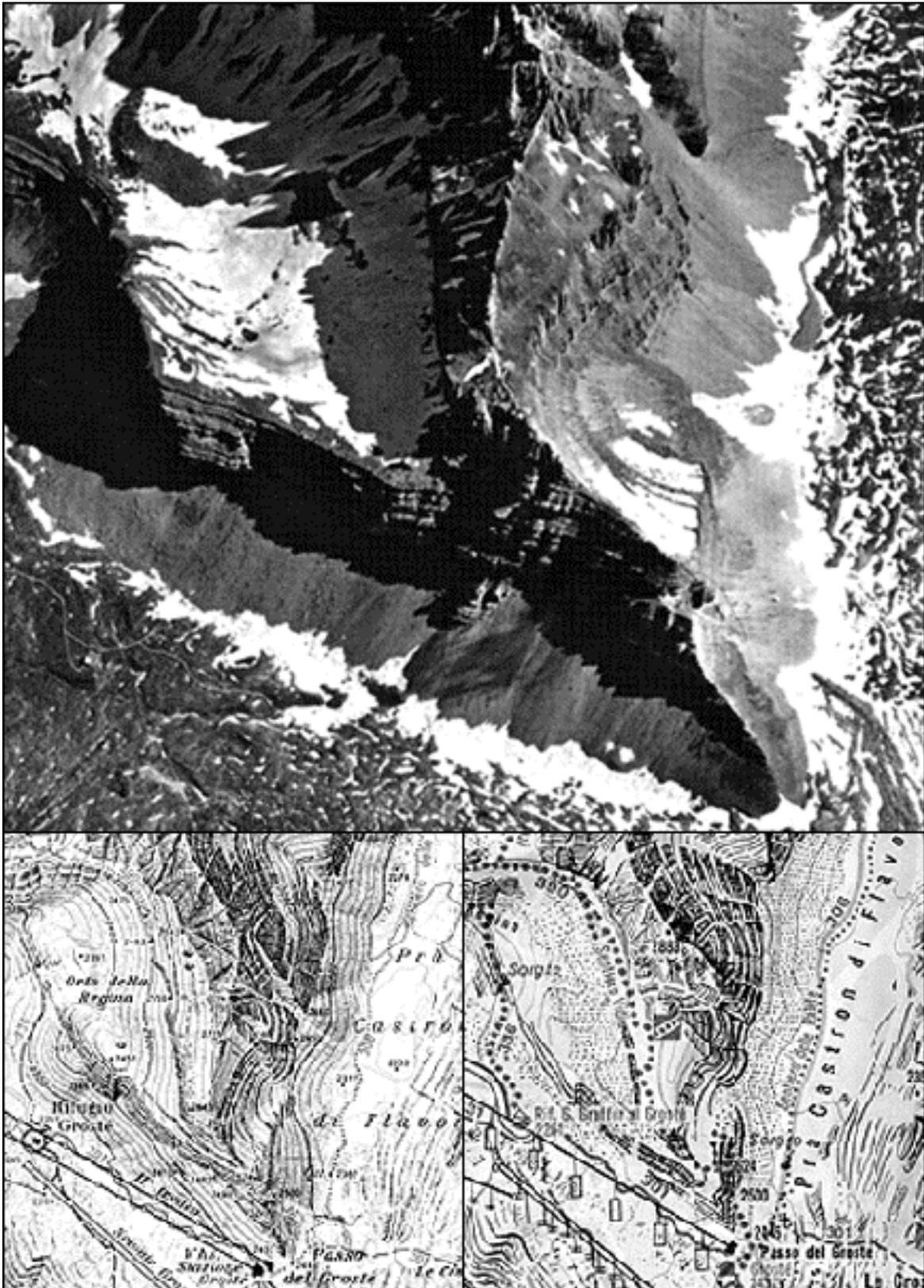


Abb. 1: Versuchsbeispiel, Geländepunkte in einer Karte zu identifizieren.
 Oben: Schrägaufnahme der "Pietra Grande" in der Brentagruppe
 Unten links: Ausschnitt aus der „Karte der Brentagruppe 1:25.000“, Deutscher Alpenverein, München, 1988
 Unten rechts: Ausschnitt aus der Wanderkarte „Dolomiti di Brenta 1:30.000“, Kompaß-Verlag, München, 1990 (maßstäblich angepaßt).

ausschnitte die unterschiedlich guten Möglichkeiten, einen bestimmten Punkt in einer Karte zu lokalisieren.

Die Höhenlage, das heißt die Lage des Standortes innerhalb der Karte bezüglich der Höhenlinien, wird mit einem Höhenmesser bestimmt. Bei diesen handlichen Instrumenten (Abb. 2) wird die Höhe nach der barometrischen Methode gemessen, das heißt aus der Abnahme des Luftdruckes mit zunehmender Höhe. Dabei ist eine Veränderung des Luftdruckes um 1 Millibar gleichbedeutend mit einem Höhenunterschied von etwa 8 Metern. Die Meßgenauigkeit von ± 10 m ist selbst im Maßstab 1:25.000 mit einer Höhenlinienäquidistanz von 20 m ausreichend. Allerdings machen die meteorologischen Einflüsse auf den Luftdruck eine stete Nachjustierung erforderlich. Diese sollte nach Herstellerangaben spätestens nach 200 Höhenmetern, zwei Stunden oder 10 km Horizontalentfernung erfolgen. Aus diesem Grund sollte man es sich zur Gewohnheit machen, an jeder in der Karte enthaltenen, im Gelände eindeutig identifizierbaren Höhenkote, die man auf seinem Weg passiert, den Höhenmesser nachzustellen. Zu beachten ist, daß diese mechanischen Geräte zwar kältefest, aber stoßempfindlich sind.



Abb. 2: Analoger Höhenmesser „Thommen Classic TX 22“ mit einem Meßbereich 0-6000 m in 10 m Intervallen

Schrittmaß

Strecken werden durch einfaches Abschreiten mit dem Schrittmaß bestimmt. Das bedeutet, daß man seine normale durchschnittliche Schrittlänge ermitteln muß, die in der Regel zwischen 60 und 80 cm liegt. In ebenem Gelände erhält man durch einfache Multiplikation von Schrittzahl und Schrittlänge die gesuchte Strecke in einem für die maßstäbliche Genauigkeit ausreichendem Maße. In ansteigendem oder abfallendem Gelände muß man die schräge Strecke in die Horizontalentfernung umrechnen, wozu man mit Hilfe eines Neigungsmessers den Winkel der Geländeneigung bestimmt. Je steiler das Gelände, desto kürzer werden die Schritte. Hierbei ist wiederum der aufwärts führende Schritt kürzer als der abwärts führende. Es empfiehlt sich, für bestimmte Neigungswinkel die persönlichen Durchschnittsmultiplikatoren zu bestimmen, um aus den zurückgelegten schrägen Strecken die jeweiligen Horizontalentfernungen zu bestimmen.

Kompaß

Da der Mensch von Natur aus keinen Richtungssinn hat, braucht er für die Bestimmung der Richtung ein Hilfsmittel. Schon sehr früh wurde dafür der Kompaß verwendet – höchstwahrscheinlich erstmals bei den Chinesen. Die erste Erwähnung von der Benutzung eines Kompasses in Europa stammt aus dem Jahr 1190 von HUGNES DE BERCY [ca 1170 - nach 1230, französischer Dichter und Kreuzfahrer].

Für die topographische Geländeerkundung wird der Magnetkompaß verwendet, bei dem sich eine auf einer feinen Spitze im Schwerpunkt gelagerte Magnetnadel unter der Einwirkung des Magnetfeldes der Erde in Nord-Süd-Richtung einstellt. Eine Windrose (Abb. 4) – auch Kompaßrose genannt –, über der die Kompaßnadel „spielt“, ermöglicht es, die gesuchte Richtung abzulesen. Mo-

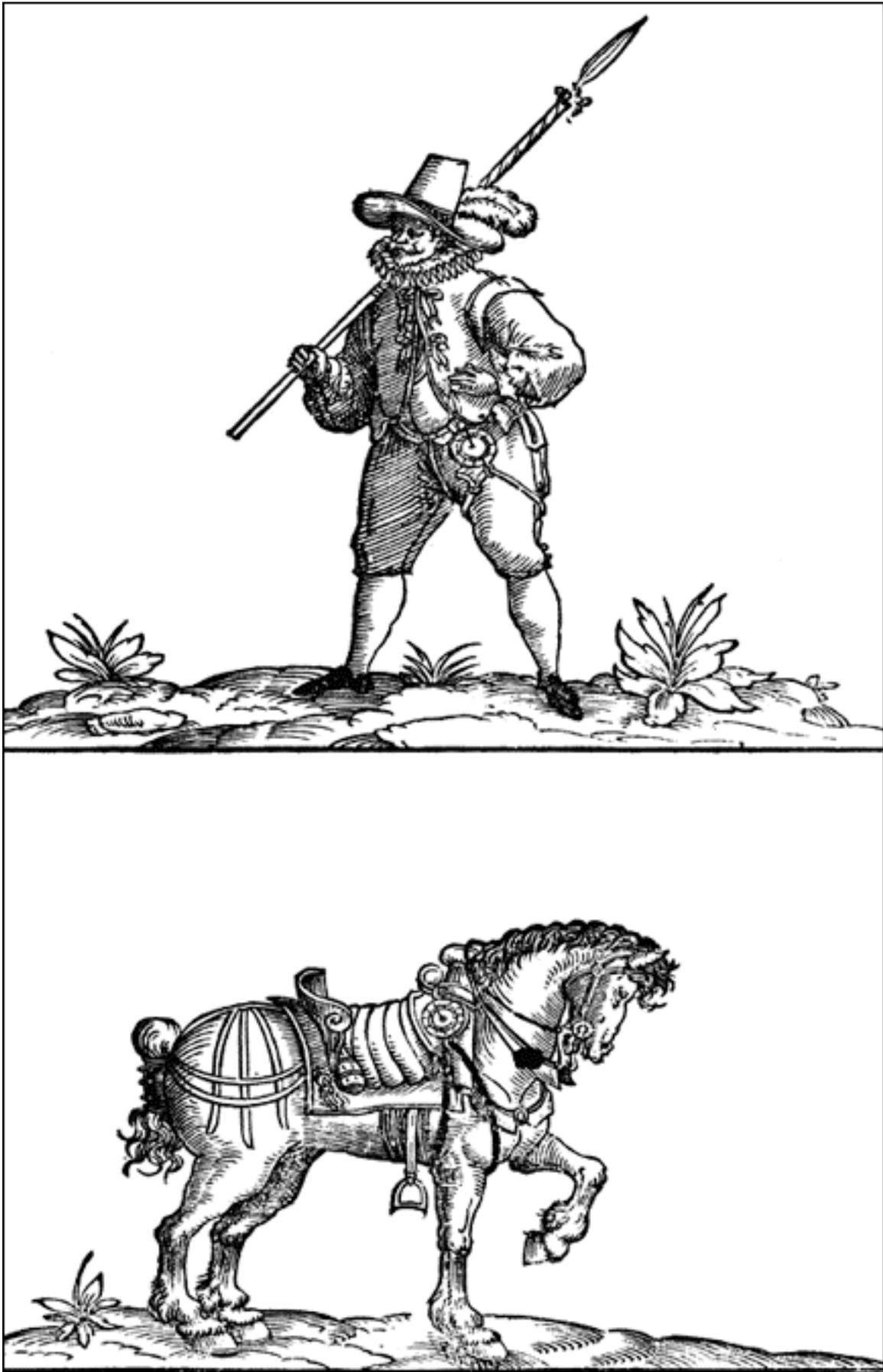


Abb. 3: Schrittzähler zur Entfernungsmessung zu Fuß und zu Pferd aus dem „*Methodvs Geometrica*“ von PAUL PFINZING aus dem Jahr 1598 [WOLFF, 1988, S. 90]

derne Kompassen werden nach ihrem Gerätetyp und ihrer Brauchbarkeit in drei Gruppen unterschieden:

- Linealkompaß, für die Nahorientierung,
- Spiegelkompaß, für die Nah- und Fernorientierung,
- Peilkompaß, für die Feinorientierung.

Da sich der Topograph sowohl nach nahen wie auch nach fernen Objekten orientieren muß, ist für seine Arbeit der Spiegelkompaß die richtige Wahl. Da man mit einem Peilkompaß keine Kartenwinkel messen kann, sind Geräte dieser Gruppe für die Kartenarbeit untauglich.

Es gibt jedoch gut geeignete und kostengünstige Kombinationen von Peilkompaßdose und Kompaßlineal (Abb. 5). Ein derartiger Kompaß sollte folgende Merkmale aufweisen:

- eine durchsichtige und drehbare Kompaßdose mit einem Durchmesser von mehr als 4 cm und mit parallelen Nordlinien (Dosengitter),
- eine stabförmige Magnetnadel mit parallelen, nicht gepfeilten Längskanten, da die Parallelstellung von Dosengitter und Kartengitter bzw. von Magnetnadel und Dosengitter wichtig ist,
- eine Flüssigkeitsdämpfung der Kompaßnadel, damit sie auch dann ruhig steht, wenn man den Kompaß in der Hand hält,
- eine Rahmenplatte mit Nordmarke, Nordlinien und mindestens 10 cm langen Anlegekanten,
- eine Ablesemarke,
- ein Richtungspfeil,
- ein frei schwenkbares Spiegelvisier im Deckel zur Genauigkeitssteigerung der Peilung im Gelände,
- eine verstellbare Nordmarke als Mißweisungsausgleich. Die Mißweisung ist der Unterschied zwischen der magnetischen und der geodätischen Nordrichtung (Gitternord).

Neigungs- oder Gefällmesser

Empfehlenswert sind hier kleine, handliche Handgefällmesser zur schnellen und bequemen Messung von Geländeneigungen. Ein solches wird beispielsweise von der Firma Breithaupt (Abb. 6) an-



Abb. 4: Gewöhnliche Wind- oder Kompaßrose

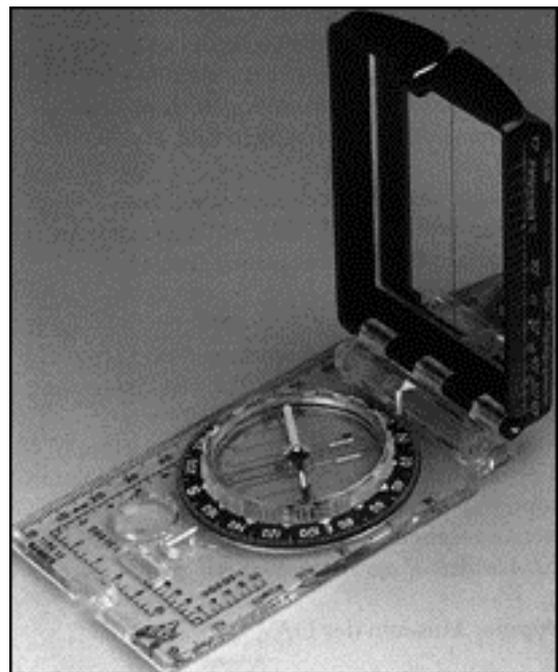


Abb. 5: Peilkompaß
„Silva Ranger 25 TDCL“

geboden. Es besteht im wesentlichen aus einem gebrochenen Fernrohr, in dessen Bildebene ein durchsichtiger Teilkreis angeordnet ist. Der Teilkreis ist frei schwingend gelagert und wird durch ein Pendelgewicht unabhängig von der Fernrohrneigung nach der Lotrichtung orientiert. Eine Flüssigkeitsdämpfung sorgt dafür, daß die Pendelschwingungen des Teilkreises rasch abklingen.

Global Positioning System (GPS)

Mit der Einführung des Global Positioning System (GPS) und der Entwicklung von feldtauglichen Handgeräten (Abb. 7) ist die Standortbestimmung selbst dann noch möglich,

wenn alle denkbaren mißlichen Umstände wie beispielsweise nicht identifizierte Geländepunkte, unbekannte Mißweisung, keine Sicht, fehlende Nordlinien auf der Karte, eine die Magnetnadel beeinflussende Umgebung zusammentreffen. Worauf man achten muß, ist, daß man sich nicht in einem Funkschatten aufhält – z.B. dicht an einer Felswand. Die angezeigten Koordinaten – wahlweise in geographischer Breite und Länge oder in Rechts- und Hochwert der Gitter-Koordinaten – liegen bei einfachen Geräten in einer Genauigkeit von ± 200 m [NAGEL und WELSCH, 1999, S. 254]. In einer Karte mit dem Maßstab 1:25 000 sind das ± 8 mm. Bei der Verwendung eines Differential Receivers als feste Kontrollstation liegt die Genauigkeit jedoch bei ca. $\pm 5 - 10$ m, das entspricht $\pm 0,2 - 0,4$ mm in der Karte. Seit Mai diesen Jahres dürfen auf Anweisung des amerikanischen Präsidenten die GPS-Signale nicht mehr durch Störsignale verschlechtert werden. Somit ist es jetzt möglich, ohne Referenzstation Genauigkeiten von $\pm 5 - 10$ m in der Lage zu erreichen. Die Höhenanzeige einfacher GPS-Handgeräte ist mit ihrer Genauigkeit von ± 100 m für Orientierungszwecke im Gelände nicht tauglich, schrieben noch letztes Jahr NAGEL und WELSCH [1999, S. 248]. Seit den Veränderungen von Mai 2000 liegen sie bei ca. $\pm 10 - 20$ m und sind somit durchaus verwendbar.

Voraussetzung für gute Ergebnisse ist, daß mindestens drei Satelliten dem Empfangsgerät gleichzeitig ihre Signale zur Verfügung stellen, daß keine Abschattungen vorhanden sind und daß man sich nicht in der Nähe von Rundfunk- und Fernsehmasten oder Hochspannungsleitungen aufhält. Außerdem müssen dem Empfangsgerät die Daten des Bezugssystems, welches der Kartenprojektion zu Grunde liegt, eingegeben werden, denn meistens stimmen diese nicht mit den von GPS benutzten Systemen überein. In den GPS-Handgeräten sind zwar über hundert geodätische Bezugssysteme aus aller Welt gespeichert, aber nur wenige der in Europa verwendeten Gitter. Erschwerend kommt hinzu, daß viele Karten gar keine Angaben über Bezugssystem oder Gitter enthalten.

Arbeitsweise bei der topographischen Geländeaufnahme

Was wird aufgenommen?

Prinzipiell soll bei der kartographischen Geländeaufnahme auf eine detaillierte und orientierungsgerechte Erfassung und Wiedergabe aller maßstabsrelevanter topographischer Gegebenheiten geachtet werden. Eingeschränkt wird dies zum einen durch den Maßstab der Karte und zum anderen durch den Zweck, den die Karte erfüllen soll. Der Topograph muß in der Lage sein, sich bei der Fortführung der jeweiligen Karte auf den entsprechenden Benutzerkreis einzustellen.

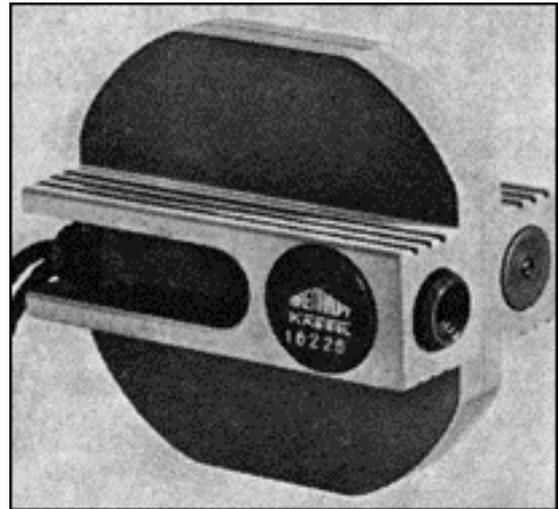


Abb. 6: Handgefallmesser „NECRI“

Siedlungen und Bauwerke

Bei Siedlungen steht die charakteristische Wiedergabe der Ortstopographie im Vordergrund. Hier wird die Bebauung und das Straßen- und Wegenetz ergänzt und, falls erforderlich, korrigiert.

Die sonstigen Bauwerke wie Hochspannungsleitungen, oberirdische Wasserleitungen, Wasserbehälter, Brücken, Stege, Seilbahnen, Sport- und Freizeitanlagen, ja selbst Viehtränken werden erfaßt und, wo darstellbar, in die Karte aufgenommen. Gerade bei topographischen und bei Wanderkarten sind dies unschätzbare topographische Orientierungsmerkmale. Das bedeutet jedoch auch, daß der aufnehmende Topograph in der Lage sein muß, bereits im Gelände eine Generalisierung durchzuführen.

Straßen und Wege

Beim Straßen- und Wegenetz ist vor allem die Klassifizierung entsprechend dem Zeichenschlüssel zu überprüfen. Neue, nicht vorhandene Straßen und Wege müssen aufgenommen werden. Bei Wanderkarten ist auf die Wegenummern und -markierungen zu achten.

Gewässernetz

Alles, was mit dem Gewässernetz in Zusammenhang steht, wird ebenfalls kontrolliert und gegebenenfalls aufgenommen. Hierbei sind wichtige Orientierungspunkte wie Wasserbehälter, Brunnen, Viehtränken, Quellen, Furten, Durchlässe, Stege und Brücken und anderes mehr: z.T. kleine Objekte, die sich vielfach in Luftbildern nicht erkennen lassen.

Vor allem im Hochgebirge sind Gletscher von Bedeutung; nicht nur als Wasserspeicher und -lieferant, sondern auch als latente Gefahr für Bergsteiger und -wanderer. Hier sind die aktuellen Gletscherstände zu erfassen und bei dem momentanen Gletscherrückgang, das vom Eis frei gewordene Gelände topographisch und morphologisch richtig darzustellen.



Abb. 7: GPS-Empfänger
„Garmin GPS 45“
[NAGEL und WELSCH, 1999, S. 293]

Vegetation

Nicht zuletzt ist auch die Vegetation zu beachten. Waldgrenzen, Bewuchsart, landwirtschaftlich genutzte Flächen – all das sind ebenfalls wichtige Orientierungsmittel, die in der Karte enthalten sein sollten.

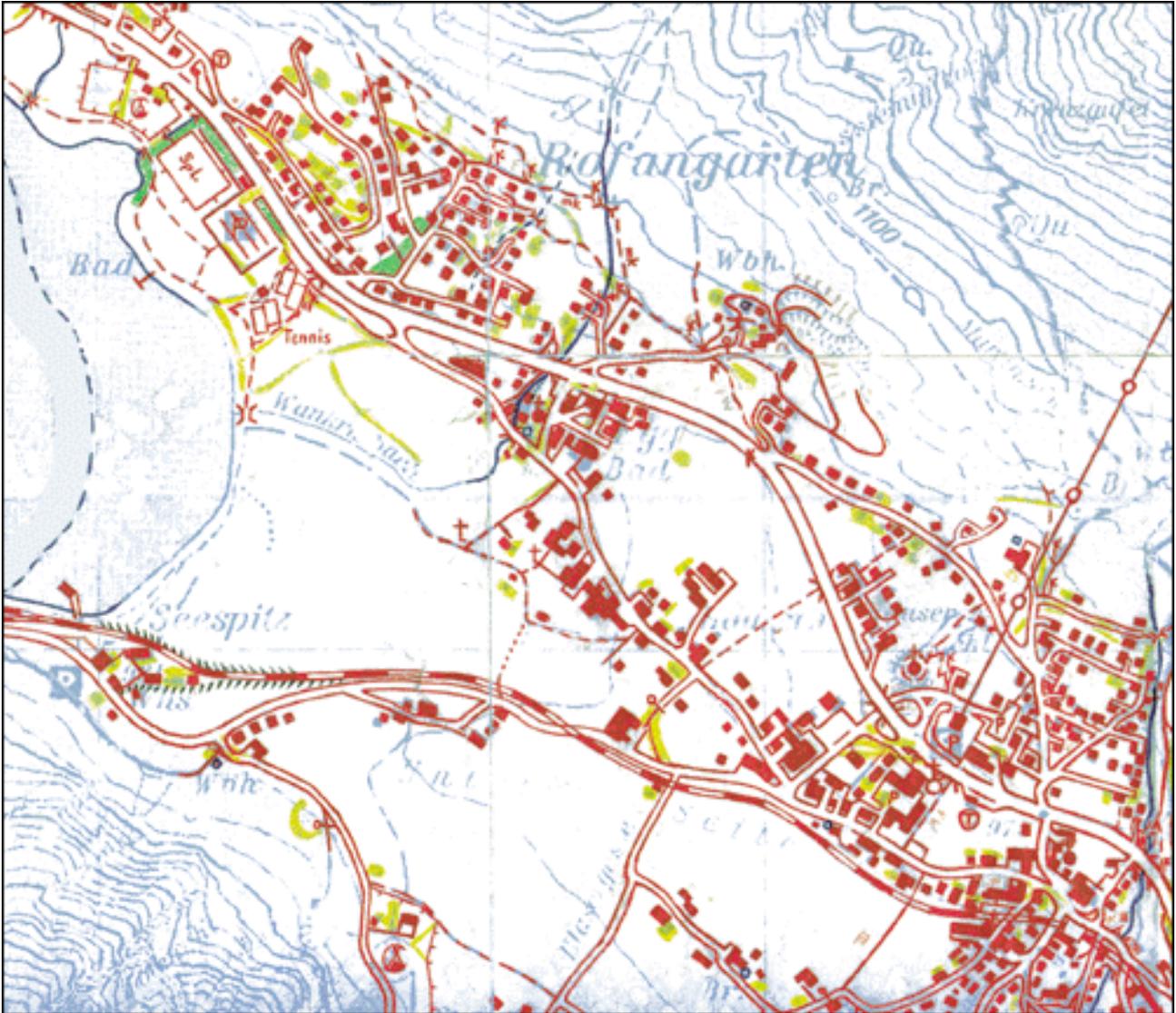


Abb. 8: Ausschnitt aus dem Erkundungsblatt für die Fortführung der Alpenvereinskarte „Rofan 1 : 25 000“ (topographische Geländeerkundung durch den Verfasser)

Wie wird aufgenommen?

Identische Punkte zwischen Gelände und Karte bilden das topographische Erkundungsgerüst. Zwischen diese Gerüstpunkte werden neue Punkte – z.B. bei der Einarbeitung neuer Wege – mittels Kompaßrichtung, Schrittmaß und Höhenmessung eingepaßt. Wenn die Topographie die Richtung zwangsläufig vorgibt, reicht die Entfernungsbestimmung durch das Schrittmaß. Geachtet wird hierbei vor allem auf die Nachbarschaftstreue, das heißt auf die relative Lagegenauigkeit im Bereich des Umfeldes. Das bedeutet aber auch, je mehr Geländepunkte man in der Karte eindeutig identifizieren kann, das heißt je höher die Streuung der Gerüstpunkte ist, desto leichter und genauer lassen sich Ergänzungen und Fortführungen in die Karte einarbeiten.

Bei Straßen und vor allem bei Wegen ist zu beachten, daß diese sich in ihrem Verlauf den Geländebegebenheiten anpassen. Gerade wenn aus größermaßstäbigen Karten Informationen in kleinermaßstäbige Karten übertragen werden, ist vielfach festzustellen, daß Wege im Gebirge geradlinig und ohne Rücksicht auf die Höhenlinien verlaufen. Hier wurden zum einen die Generalisierung der Quellkarte und zum anderen die Geländeformen mißachtet.

Nicht immer sind alle topographischen Begebenheiten zu Fuß erreichbar, so daß man sich mit der sogenannten „Fernerkundung“ begnügen muß. Bei der Aufnahme der Gletscherstände ist die Erkundung von einem höher gelegenen Standpunkt wesentlich vorteilhafter. Bei dieser „Fernerkundung“ ist jedoch zu beachten, daß sich das Schrägbild der Landschaft, welches sich dem Beobachter bietet, durch folgende Aspekte von der Aufsicht des Kartenbildes unterscheidet [NAGEL und WELSCH, 1999, S. 251]:

- der überblickte Geländeausschnitt erweitert sich keilförmig nach hinten,
- Windungen von Flüssen und Wegen, die auf den Beobachter zulaufen, erscheinen im Vordergrund ausgeprägter als im Kartenbild,
- seitliche Begrenzungen von Flächen sind verkürzt; die Flächen wirken in der Schrägsicht gestaucht,
- Querentfernungen werden zu groß, Längsabstände zu kurz geschätzt.

Deshalb sollte man derartige Fernerkundungen durch eine senkrecht zur ersten verlaufenden zweiten Schrägsicht kontrollieren.

Gerade bei der Aufnahme von Gletscherständen oder des Verlaufes von Vegetationsgrenzen sind zusätzlich angefertigte perspektivische Geländeskizzen (Abb. 9, Abb. 10) für die spätere kartographische Ausarbeitung von Vorteil. Gute Anleitungen hierzu bietet ZACHMANN [1908] in seinem Büchlein „*Das Geländezeichnen im Dienste der Armee*“.

Schluß

Nach meiner Ansicht kann bei der Kartenfortführung auf eine Geländeerkundung nicht verzichtet werden. Die detaillierte Darstellung aller topographischer Gegebenheiten steigert die Güte einer Karte und somit ihren Gebrauchswert für den Kartennutzer. Die Feldarbeit schult den Kartographen für den „richtigen“ Blick fürs Gelände. Das wiederum erhöht seine Fähigkeiten, ein Gelände mit all seinen natürlichen und künstlichen Gegebenheiten topographisch und morphologisch richtig darzustellen.

Literatur

- AEGERTER, L. [1908]: Begleitworte zur Karte der Brentagruppe. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, Band XXXIX, Jahrgang 1908. Verlag des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins, München, S. 80-91
- HOLLMANN, R. [2000]: Untersuchung von GPS-Beobachtungen für kleinräumige geodätische Netze. Dissertation. Schriftenreihe des Studiengangs Geodäsie und Geoinformation der Universität der Bundeswehr München, Heft 69, Neubiberg, 350 S.
- IMHOF, E. [1965]: Kartographische Geländedarstellung. Walter de Gruyter, Berlin, 425 S.



Abb. 9: Der Kartenmacher nach der Feldarbeit zuhause bei der Reinzeichnung aus dem „*Methodvs Geometrica*“ von PAUL PFINZING aus dem Jahr 1598 [WOLFF, 1988, S. 91]

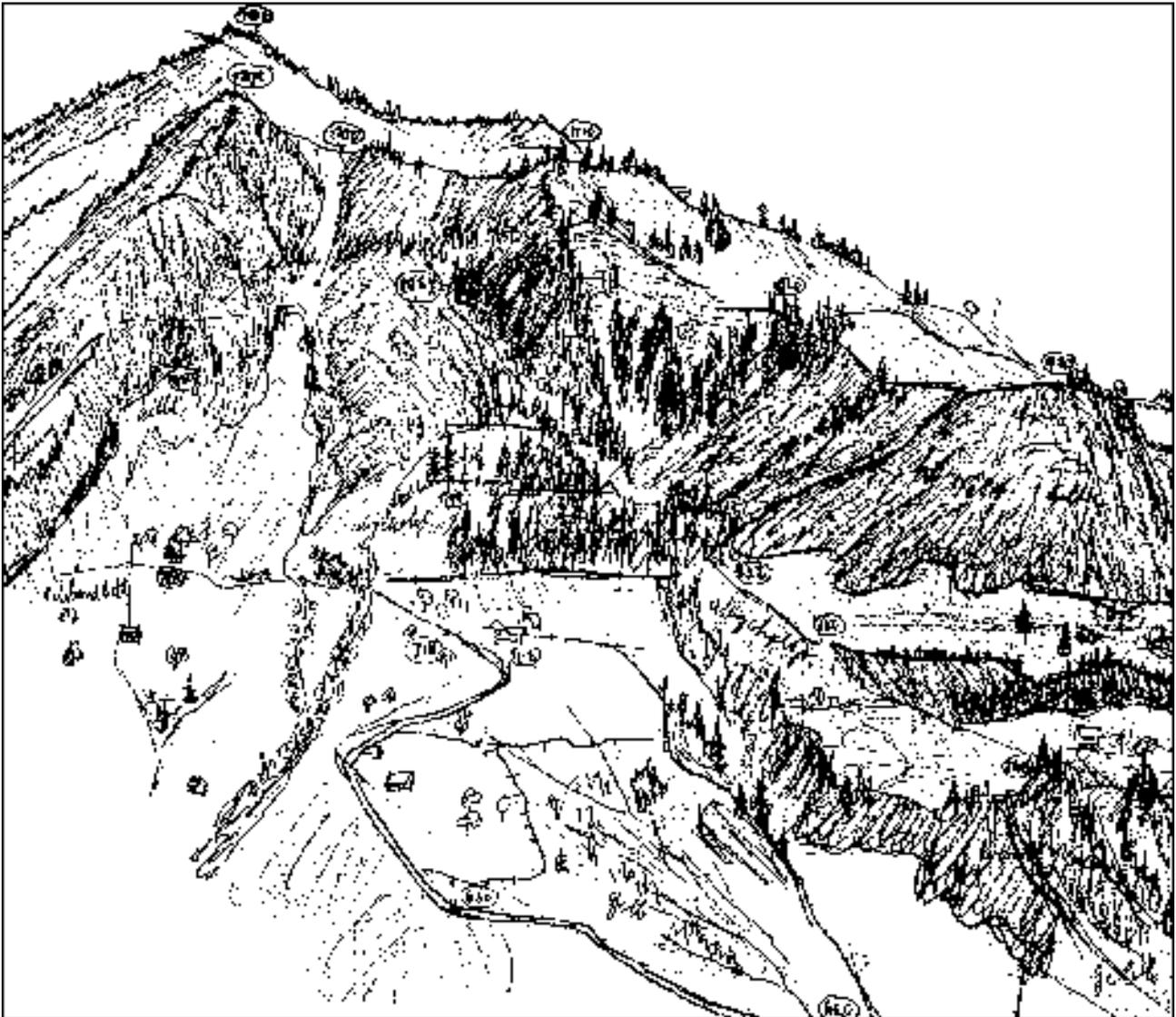


Abb. 10: Beispiel einer in Originalgröße von L. AEGERTER neben der Vermessungsarbeit im Felde gefertigten Geländeskizze. Man beachte die Anzahl und Verteilung der Meßpunkte im Gelände, welche für die Darstellung der Topographie in der Karte ausreichen mußten (aus NEUGEBAUER [1987, S. 77])

- LINKE, W. [1998]: Orientierung mit Karte, Kompaß, GPS. Grundwissen, Verfahren, Übungen. 9. Auflage, Busse Seewald, Herford
- NAGEL, G. und WELSCH, W. M. (Hrsg.) [1999]: Karten der Berge. Vom Meßtisch zur Satellitenvermessung. Katalog zur Ausstellung des Bayerischen Landesvermessungsamtes und des Deutschen Alpenvereins. Alpines Museum des DAV, München, 304 S.
- NEUGEBAUER, G. [1962]: Die topographisch-kartographische Ausgestaltung von Höhenlinienplänen. Vorschläge und Begründung für eine naturnahe Geländedarstellung in topographischen Karten. Kartographische Nachrichten, 12. Jahrgang, Heft 4. Bertelsmann, Gütersloh, S. 102-109
- NEUGEBAUER, G. [1987]: Geländeerkundung und topographischer Einsatzbericht. In: Brenta-Monographie. Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Hochgebirgskartographie. Schriftenreihe des Studiengangs Vermessungswesen der Universität der Bundeswehr München, Heft 24. Neubiberg, S. 93-107

- PFINZING, P. [1598]: *Methodvs Geometrica*. Das ist: Kurtzer wolgegründter vnd auszufuehrlicher Tractat von der Feldtrechnung vnd Messung / Wie solche zu Fuß / Roß vnd Wagen / an allen Orten vnd Enden / wo vnd wie die auch gelegen / ohne sondere Muehe / Arbeit vnd Beschwerung / allain durch sonderbare behende vnd leichte Instrumenta. vnd andere dienstliche Vortheil / Griff vnd Mittel zu vsurpiren vnd zugebrauchen / vnd nochmals ferner vnd weiter in das Werk zu bringen / zu enden vnd zu verfertigen / nach jedes selbstem Wuntsch / Willen vnd Wolgefallen. Nürnberg, 52 Bl.
- WOLFF, H. (Hrsg.) [1988]: *Cartographia Bavariae*. Bayern im Bild der Karte. Mit Beiträgen von G. Appelt, R. Finsterwalder und U. Lindgren. Bayerische Staatsbibliothek, Ausstellungskataloge, 44. Konrad Verlag, Weißenhorn, 431 S.
- ZACHMANN, F. [1908]: *Das Geländezeichnen im Dienste der Armee*. Für Offiziersaspiranten, Einjährig-Freiwillige und Unteroffiziere. 3. Auflage. C. Kochs Verlagsbuchhandlung, Nürnberg, 15 S. und 12 Tafeln