Information, Karte und Flugbild

Autor(en): **Knöpfli, Rudolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **73-F (1975)**

Heft 1

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-227504

Information, Karte und Flugbild

Rudolf Knöpfli

1. Einführung

Karte und Flugbild sind Kommunikationsmittel; sie geben Information. In der Nachrichtentechnik besteht seit 1948 das fundamentale Werk «The Mathematical Theory of Communication» von Claude E. Shannon.
Im Zusammenhang mit der Automation wird schon seit einigen Jahren versucht, den Inhalt von Flugbildern und Karten mit dieser Informationstheorie abzuschätzen und mathematisch zu beschreiben.
Die erste Begegnung mit der Informationstheorie wirkt für Nicht-Nachrichtenfachleute befremdlich, und ich möchte in diesem Bericht vorerst Wesentliches der Informationstheorie mit Beispielen zeigen und dann den Zusammenhang zu Flugbild und Karte herstellen.

2. Wahrscheinlichkeit und Information

Wir betrachten vier ganz verschieden lange Textgruppen. Sie stammen aus der Erzählung «Meine elf Söhne» von Franz Kafka:

Abb. 1

Der erste ist äusserlich sehr unansehnlich, aber ernsthaft und klug; trotzdem schätze ich ihn, wiewohl ich ihn als Kind wie alle anderen liebe, nicht sehr hoch ein. Sein Denken scheint mir zu einfach. Er sieht nicht rechts noch links und nicht in die Weite; in seinem kleinen Gedankenkreis läuft er immerfort rundum oder dreht sich vielmehr.

Der zweite ist schön, schlank, wohlgebaut; es entzückt, ihn in Fechterstellung zu sehen. Auch er ist klug, aber überdies welterfahren; er hat viel gesehen, und deshalb scheint selbst die heimische Natur vertrauter mit ihm zu sprechen als mit den Daheimgebliebenen. Doch ist gewiss dieser Vorzug nicht nur und nicht einmal wesentlich dem Reisen zu verdanken; er gehört vielmehr zu dem Unnachahmlichen dieses Kindes, das zum

Beispiel von jedem anerkannt wird, der etwa seinen vielfach sich überschlagenden und doch geradezu wild beherrschten Kunstsprung ins Wasser ihm nachmachen will. Bis zum Ende des Sprungbrettes reicht der Mut und die Lust, aber statt zu springen, setzt sich plötzlich der Nachahmer und hebt entschuldigend die Arme.

Und trotz dem allem (ich sollte doch eigentlich glückselig sein über ein solches Kind) ist mein Verhältnis zu ihm nicht ungetrübt. Sein linkes Auge ist ein wenig kleiner als das rechte und zwinkert viel; ein kleiner Fehler nur, gewiss, der sein Gesicht sogar noch verwegener macht als es sonst gewesen wäre, und niemand wird gegenüber der unnahbaren ·Abgeschlossenheit seines

Richten wir nun unsere Aufmerksamkeit auf die Häufigkeit eines ganz bestimmten Buchstabens und bilden für jede Textgruppe das Verhältnis aus der Häufigkeit dieses Buchstabens und der Gesamtzahl aller Buchstaben, so stellen wir fest, dass für den untersuchten Buchstaben diese relativen Häufigkeiten nur unwesentlich voneinander abweichen. Diese Tatsache sei an den beiden Buchstaben e und r vor Augen geführt:

Gesamtzahl der Buchstaben	Häufigkeit von e	Relative Häufigkeit von e=w (e)	Häufigkeit von r	Relative Häufigkeit von r=w (r)
277	42	0,152	20	0,072
388	68	0,175	24	0,062
218	29	0,133	15	0,069
309	53	0,172	19	0,062
	Mittel:	0,161	Mittel:	0,066

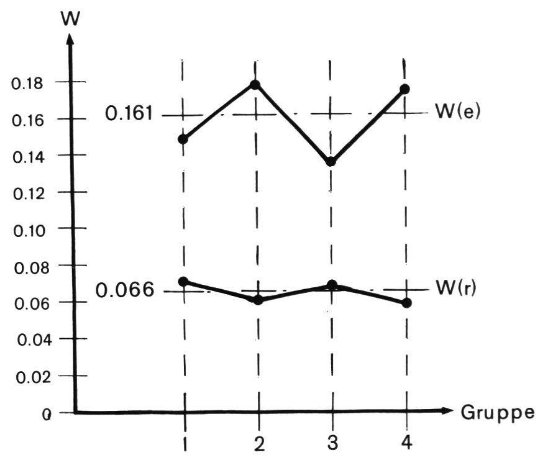

Abb. 2
Relative Häufigkeit der Buchstaben e und r

Diese relative Häufigkeit wird auch mit *Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen eines bestimmten Ereignisses* bezeichnet.

Stellen Sie sich vor, unter Ihren Bekannten besitzen 20 dunkles Haar, 10 tragen Bärte und 3 hinken. Nun richtet Ihnen jemand einen Gruss von einem dieser Bekannten aus. Sie wissen mit dem besten Willen nicht, wer das sein könnte. Der den Gruss Mitteilende beschreibt den Bekannten näher. Welche von den drei Beschreibungen, die er machen könnte, hätte für Sie den grössten Inhalt, die grösste Information?

a) er hat dunkles Haar,
b) er trägt einen Bart,
c) er hinkt.

Offenbar Mitteilung c. Wieso? Es kommen nur 3 Bekannte in Frage. Bei Mitteilung a haben Sie 20 Möglichkeiten. Die Wahrscheinlichkeiten für die Ereignisse «dunkles Haar», «Bart» und «hinken» sind:

$$w = \frac{20}{(20 + 10 + 3)} = \frac{20}{33} = 0.60$$

$$w = \frac{10}{(20 + 10 + 3)} = \frac{10}{33} = 0.30$$

$$w = \frac{3}{(20 + 10 + 3)} = \frac{3}{33} = 0.09$$

Demnach gilt:

Je geringer die Wahrscheinlichkeit, der Erwartungswert eines Ereignisses ist, desto höher ist die Information über dessen Eintreffen.

Diese Tatsache können Sie fast täglich überprüfen, die ganze Nachrichtenwelt (Radio, Zeitungen, Suchaktionen usw.) ist darauf aufgebaut. Was überrascht Sie am meisten, beeindruckt Sie am stärksten? Die Mitteilung unerwarteter Ereignisse.

Bezeichnet man mit w die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen eines Ereignisses, so gilt für den zugehörigen Informationswert

$$i = {}^{2}\log \frac{1}{w} \text{ (Einheit bit)}$$

Man nimmt nicht unmittelbar $\frac{1}{w}$, sondern den Logarithmus zur Basis 2 von $\frac{1}{w}$.

Beispiel: $w = \frac{1}{8}$ $\frac{1}{w} = 8$ ${}^{2}\log 8 = 3$ (wegen $2^3 = 8$)

Wieso? Ist von 8 Kugeln eine schwerer als die 7 andern, so kann mit 3 Wägeschritten (4/4, 2/2, 1/1) diese schwerere Kugel gefunden werden (zerlegen von Entscheiden in ja/nein oder 0/1-Schritte).

3. Entropie und Redundanz

Für viele Geschehnisse sind verschiedene Ausgänge möglich, so hat zum Beispiel ein Fussballspiel zwischen den Mannschaften A und B die 3 möglichen Ausgänge: A gewinnt, B gewinnt, unentschieden. Oder der Wurf mit einem Spielwürfel hat 6 mögliche Ausgänge: 1, 2, 3, 4, 5, 6. Sehr oft sind nicht alle Ausgänge gleich wahrscheinlich. Spielen zum Beispiel zwei ganz ungleich geschulte Mannschaften gegeneinander, so gewinnt «sehr wahrscheinlich» die besser geschulte. Für einen gleichmässig gebauten Spielwürfel sind alle 6 Ausgänge gleich wahrscheinlich, nämlich

$$W = \frac{1}{6}.$$

Die Vorhersage über den Ausgang eines Geschehnisses ist nun offensichtlich viel unsicherer, wenn alle möglichen Ausgänge annähernd gleich wahrscheinlich sind, als wenn zum Beispiel einer der Ausgänge aus irgendwelchen Gründen sehr wahrscheinlich ist.

Das «System der möglichen Ausgänge» als Ganzes hat dann den grössten Grad an Unbestimmtheit (Vorhersage unmöglich), wenn alle möglichen Ausgänge gleich wahrscheinlich sind. Dementsprechend ist die Information über den wirklich stattgefundenen Ausgang dann am grössten, wenn die Ausgänge eines «Versuches» gleich wahrscheinlich sind.

Bei ungleich wahrscheinlichen Ausgängen wäre die Information über einen sehr unerwarteten Ausgang wohl gross. Da aber ein solcher Ausgang eben unwahrscheinlich ist, «rechnet» man viel eher mit dem wahrscheinlichsten der möglichen Ausgänge, und dementsprechend ist von einer Information über den wirklichen Ausgang auch nicht viel Neues zu erwarten.

Haben von einem Geschehnis («Versuch») die n möglichen Ausgänge die Wahrscheinlichkeiten $w_1, w_2, \ldots w_n$, so nennt man die daraus berechnete Grösse

$$H = \sum_{k=1}^{n} w_k \; {}^{2}\log \frac{1}{w_k}$$

«durchschnittliche Information» oder Entropie (= Grad der Unbestimmtheit).

Bei gleich wahrscheinlichen Ausgängen ist sie am grössten, und die Formel vereinfacht sich dann zu

$H = {}^{2}\log n$ (n = Anzahl der möglichen Ausgänge)

Diese zweite Formel zeigt besonders deutlich, dass die Unbestimmtheit über den Ausgang eines Geschehnisses mit gleich wahrscheinlichen Ausgängen um so grösser wird, je mehr Ausgänge möglich sind.

Ein Beispiel:

Von 256 Autos seien 64 rot, 64 blau, 64 grün und 64 gelb. Welche Farbe hat das nächste, in einen Unfall verwickelte Auto (gleiche Fahrerqualität und etwa gleiche Verkehrsverhältnisse vorausgesetzt)? Das Geschehnis «Unfall» hat 4 mögliche Ausgänge: rot, blau, grün, gelb. Die Wahrscheinlichkeiten sind für alle Farben gleich, nämlich

$$w_{rot} = w_{blau} = w_{grün} = w_{gelb} = \frac{64}{256}$$

Die Vorhersage wird durch keine höhere Wahrscheinlichkeit der einen oder andern Farbe in einer Richtung beeinflusst, die Unbestimmtheit ist am grössten, sie beträgt

$H = {}^{2}\log 4 = \mathit{2{,}000}$ ($2^2 = 4$)

Nun seien aber von den 256 Autos 1 rot, 1 blau, 1 grün und 253 gelb. Die Wahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Farben sind jetzt

$$w_{rot} = w_{blau} = w_{grün} = \frac{1}{256}, \; w_{gelb} = \frac{253}{256}$$

Vermutlich wird gelb in den nächsten Unfall verwickelt sein. Die Vorhersage hat «rein gefühlsmässig» keinen grossen Freiheitsgrad mehr; sie wird stark beeinflusst durch die hohe Wahrscheinlichkeit von gelb; die Entropie des Systems der möglichen Ausgänge beträgt jetzt:

Bild 1 ca. 1:25000

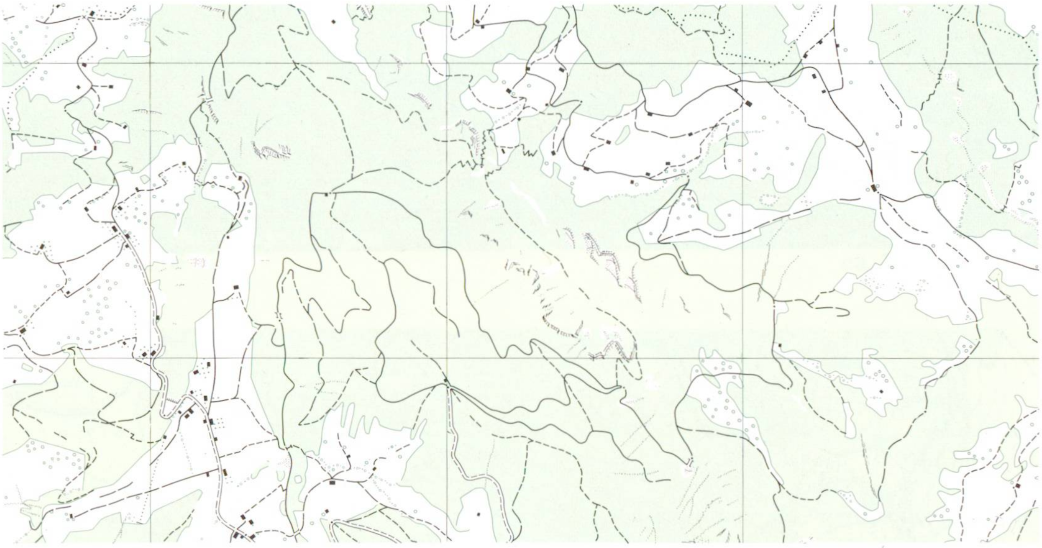

Bild 2 1:25000

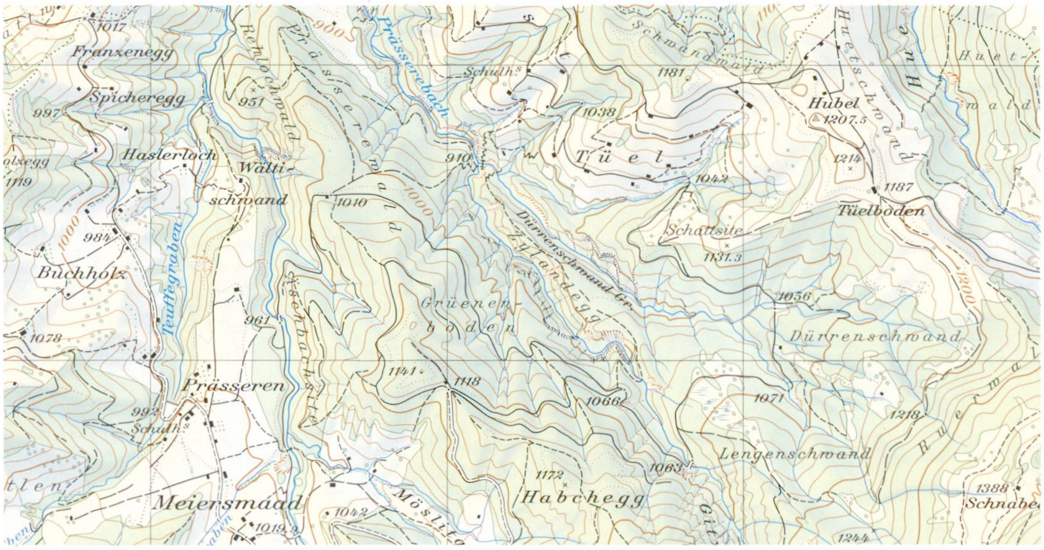

Bild 3 1:25000

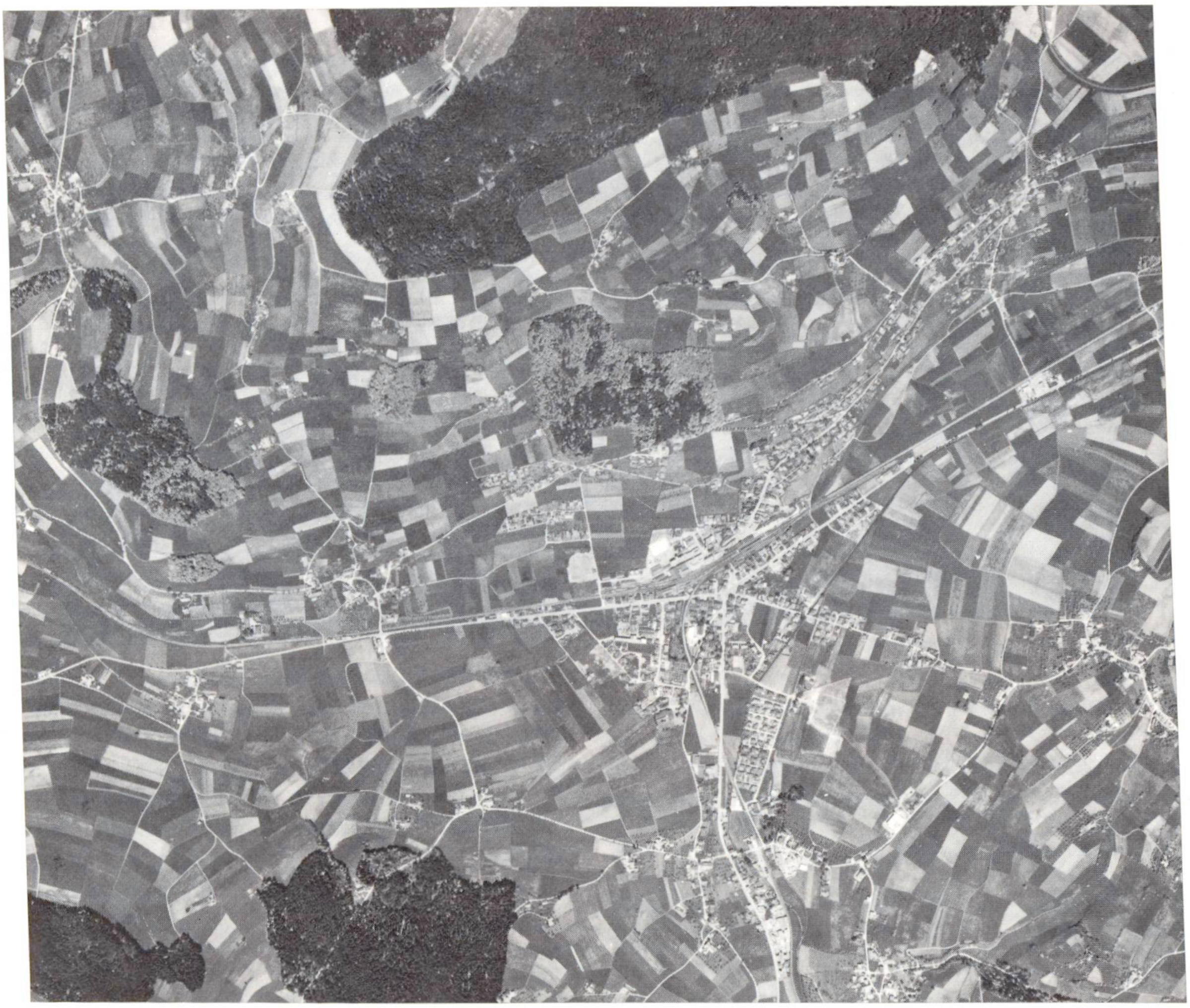

Bild 4 ca. 1:25000

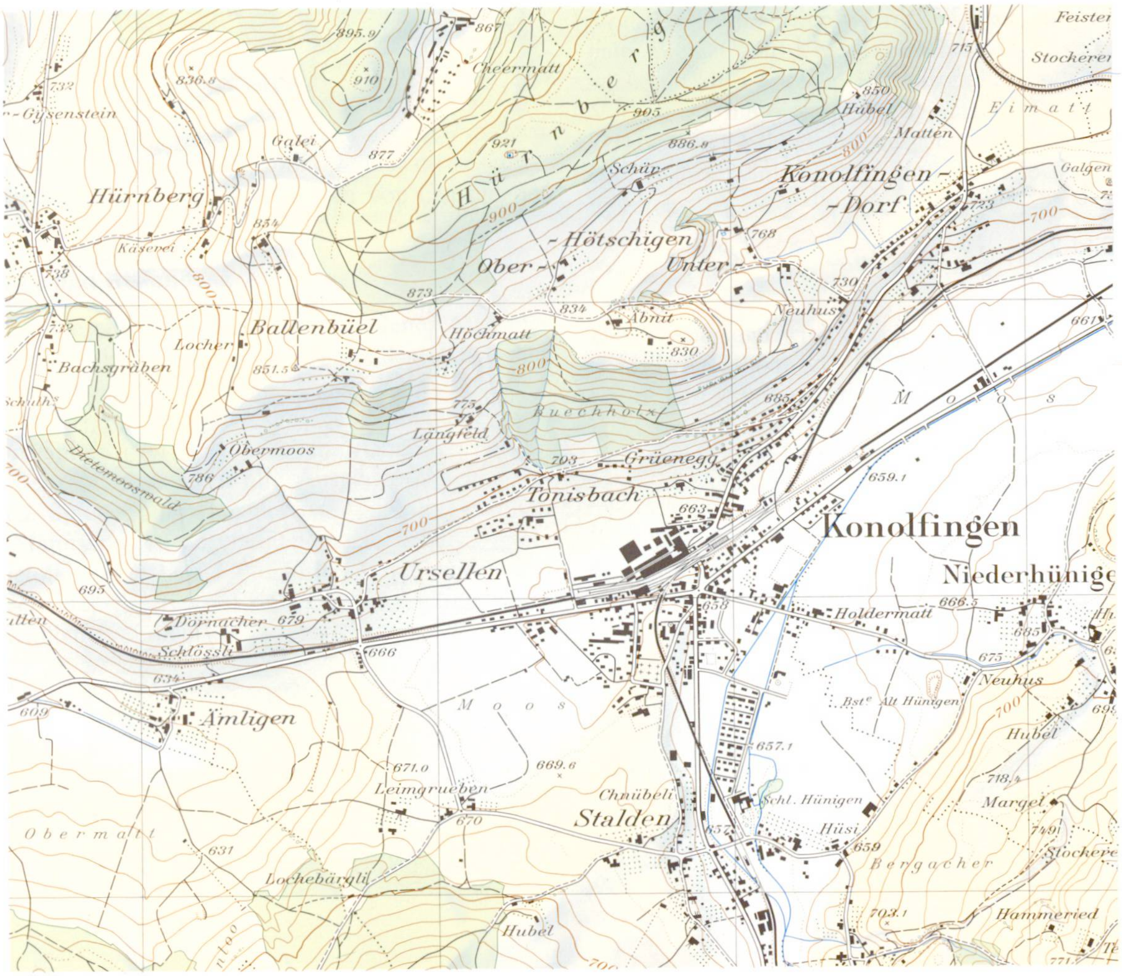

Bild 5 1:25000

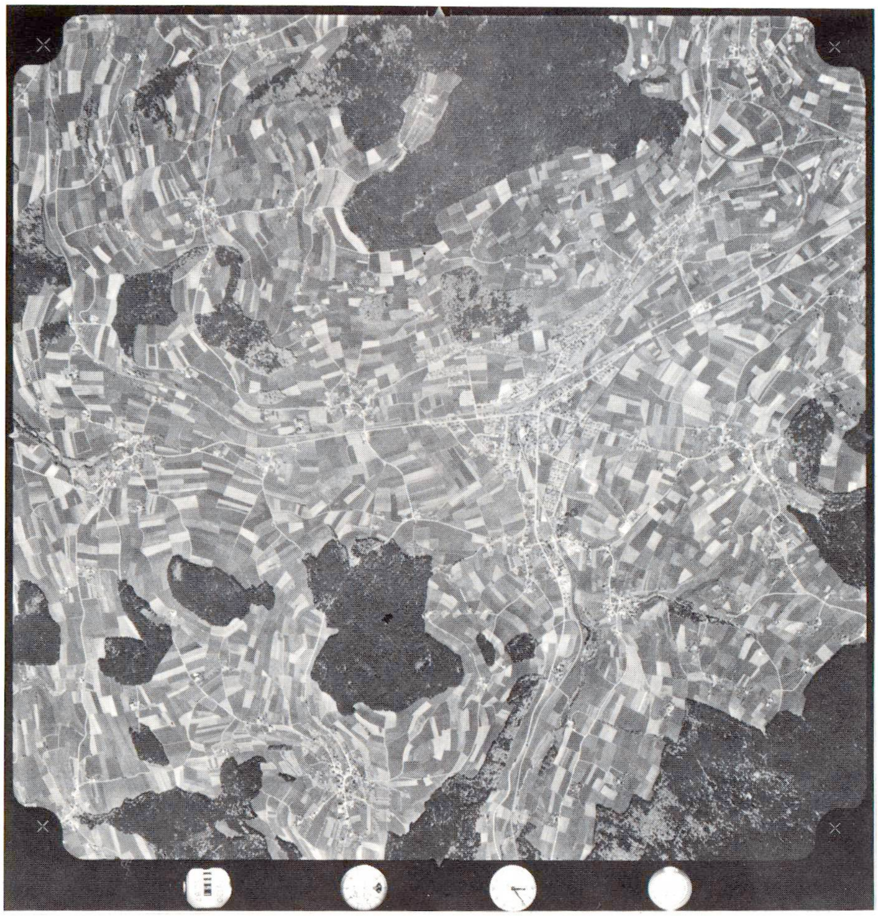

Bild 6 ca. 1:50000

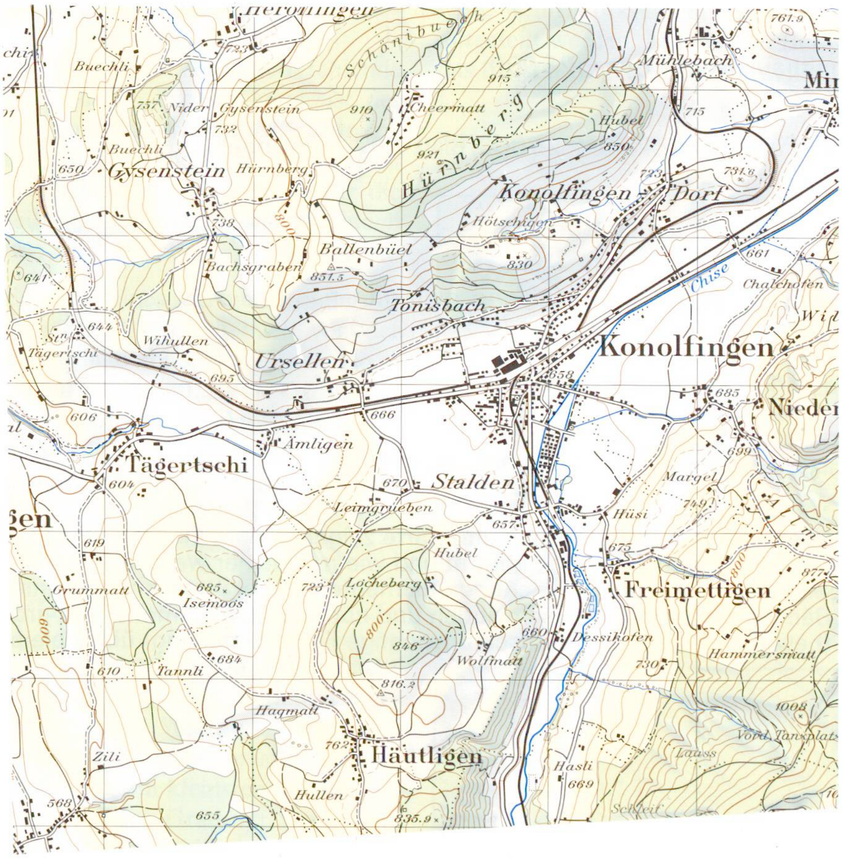

Bild 7 1:50000

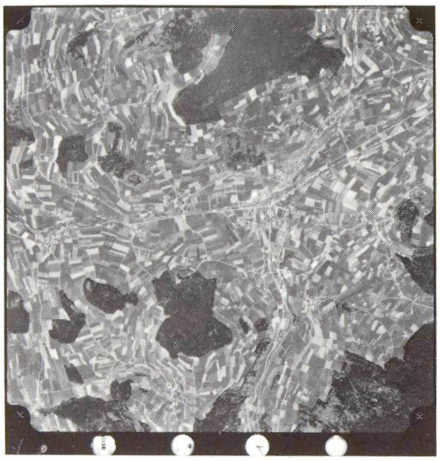

Bild 8 ca. 1:100000

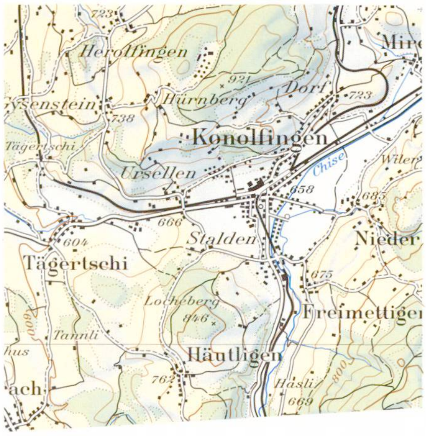

Bild 9 1:100000

Bildlegende

Bild 1:
Ausschnitt aus Flugbild.
Abgesehen davon, dass das Wegnetz im Wald schlecht sichtbar ist, kommt die Geländestruktur beim Einzelbild nicht zum Ausdruck.

Bild 2:
Ohne Höhenkurven, Gewässer und Relief wirkt das Wegnetz reichlich unverständlich.

Bild 3:
Wird die Geländestruktur durch das Zusammenspiel von Höhenkurven, Gewässer und Relief imitiert, so wirkt das Wegnetz plötzlich "sehr wahrscheinlich", "selbstverständlich".

Bild 4:
Ausschnitt aus Flugbild, ca. 1:25000.

Bild 5:
Ausschnitt aus Landeskarte 1:25000, Blatt 1187, Münsingen.

Bild 6:
Flugbild, verkleinert auf ca. 1:50000

Bild 7:
Ausschnitt aus Landeskarte 1:50000, Blatt 243, Bern.

Bild 8:
Flugbild, verkleinert auf ca. 1:100000.

Bild 9:
Ausschnitt aus Landeskarte 1:100000, Blatt 36, Saane-Sarine.

Diese Vergleiche zwischen Flugbild und Karte zeigen, wie im Einzel-Flugbild die Geländestruktur nicht gut zum Ausdruck kommt und wie mit kleiner werdendem Kartenmassstab im Flugbild die topographisch wichtigen Elemente (Wege, Strassen, Bahnlinien, Einzelgebäude, Bäche) immer mehr verschwinden und nur noch die Elemente mit grösserer Fläche (besonders die topographisch unwichtige Feldereinteilung) übrig bleiben.

Eidg. Landestopographie Wabern-Bern 1975

$$H = \frac{1}{256}\,{}^{2}\log\frac{1}{1/256} + \frac{1}{256}\,{}^{2}\log\frac{1}{1/256}$$

$$+ \frac{1}{256}\,{}^{2}\log\frac{1}{1/256} + \frac{253}{256}\,{}^{2}\log\frac{1}{253/256} = \mathit{0{,}113}$$

Anmerkung zum Selbstrechnen:

${}^{2}\log x = {}^{2}\log 10 \,.\, {}^{10}\log x = 3{,}321 \,.\, {}^{10}\log x$

Nach diesen Betrachtungen darf wohl mit Recht gesagt werden, dass Geschehnisse mit ungleich wahrscheinlichen Ausgängen eine gewisse Struktur, eine innere Ordnung besitzen.
Erinnern wir uns nochmals an den Text von Franz Kafka zu Beginn des 2. Kapitels, so kann das Auszählen nach den einzelnen Buchstaben als eine Folge von Versuchen angesehen werden, wobei jeder Versuch 26 mögliche Ausgänge hat, nämlich die 26 Buchstaben des Alphabets (a, b, . . . , i, j, k, . . . , x, y, z).
An den untersuchten Buchstaben e und r erkennen wir, dass die 26 Ausgänge unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten besitzen, dass dieser Text demnach strukturiert ist. Solche, für jede Sprache typische Strukturen bestehen auch für Silben oder ganze Wörter und ermöglichen bis zu einem gewissen Grade das Ergänzen verstümmelter Texte.

Entsprechend werden verstümmelte Bilder, die eine hohe Wahrscheinlichkeit besitzen, in unserer Vorstellung optisch ergänzt:

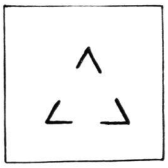

Abb. 3

Gerade diese Tatsache ist für unsere spätern Untersuchungen über Flugbilder und Karten von grosser Bedeutung.
Da man bei stark strukturierten Versuchen fehlende Teile der Information ergänzen, erraten kann, ist der Grad der Strukturierung so etwas wie ein Mass für das «Zuviel» einer Mitteilung. Doch möchte ich schon jetzt erwähnen, dass dieses «Zuviel» auch als Mass für die Sicherheit einer Mitteilung und damit, wie wir noch sehen werden, als etwas sehr Nützliches anzusehen ist.

Weil der Betrag der Entropie eines Versuches nicht nur von den Wahrscheinlichkeiten, sondern auch von der *Anzahl* der möglichen Ausgänge abhängt ($H_{max} = {}^{2}\log n$, n = Anzahl der möglichen Ausgänge), ist die Grösse der Entropie noch kein Mass für die Strukturierung, das «Zuviel» einer Information. Erst der Vergleich zwischen der wirklichen und der maximal möglichen Entropie, die sogenannte

$$\textit{relative Entropie}\ H_{rel} = \frac{H_{eff}}{H_{max}}$$

vermag hierüber Aufschluss zu geben. Im Falle gleichwahrscheinlicher Ausgänge ist $H_{eff} = H_{max}$, und H_{rel} erreicht dann ihren grösstmöglichen Wert, nämlich 1. Die Unbestimmtheit des Systems der Ausgänge ist dann aber am grössten, die Strukturierung am kleinsten, nämlich 0. Man hat deshalb als Mass für den Grad der Strukturierung, für die einer Informationsquelle innewohnende Ordnung nicht H_{rel}, sondern $(1 - H_{rel})$ gewählt. Diese sogenannte Redundanz ist wirklich dann am grössten, wenn die Strukturierung eines Versuches am grössten, nämlich gleich 1, ist. Das ist dann der Fall, wenn die Wahrscheinlichkeit für einen der Versuchsausgänge = 1 und die Wahrscheinlichkeiten aller andern = 0 wird. Der Versuchsausgang ist vollständig bekannt.
Mit der Redundanz haben wir ein Mittel in der Hand, Versuche mit verschieden vielen Ausgängen (zum Beispiel Karten mit ungleich umfangreichen Legenden oder verschiedene Sprachen) miteinander zu vergleichen.

4. Flugbilder und Karten als Informationsmittel

Seitdem es möglich ist, Flugphotographien so zu entzerren, dass sie über das ganze Bild einen einheitlichen, von der Geländehöhe unabhängigen Massstab besitzen, wird immer wieder erwogen, ob die graphisch und reproduktionstechnisch doch sehr aufwendigen Karten nicht durch solche entzerrte Flugbilder (Orthophotos) ersetzt werden könnten. Dabei wird auf die grosse Informationsmenge der Flugbilder hingewiesen und im abwertenden Sinne bemerkt, dass der Inhalt von Karten «nur eine subjektive Auswahl» und damit eine unstatthafte Verminderung der vom Flugbild zur Verfügung stehenden Information darstelle. Im folgenden werden wir sehen, dass sich auf Grund der Informationstheorie ein etwas anderes Bild ergibt; doch dürfte es notwendig sein, vorerst festzustellen, dass topographische Karten vor allem eine Orientierungshilfe im Gelände sein sollten. Alle andern Verwendungszwecke sind von untergeordneter Bedeutung.
Sozusagen das Fundament der Informationstheorie bildet die Erkenntnis, dass hohe Information dann gegeben wird, wenn Vorkommnisse mit kleinem Erwartungswert mitgeteilt werden. Mit einigen Beispielen sei gezeigt, was das für den Inhalt topographischer Karten bedeutet:

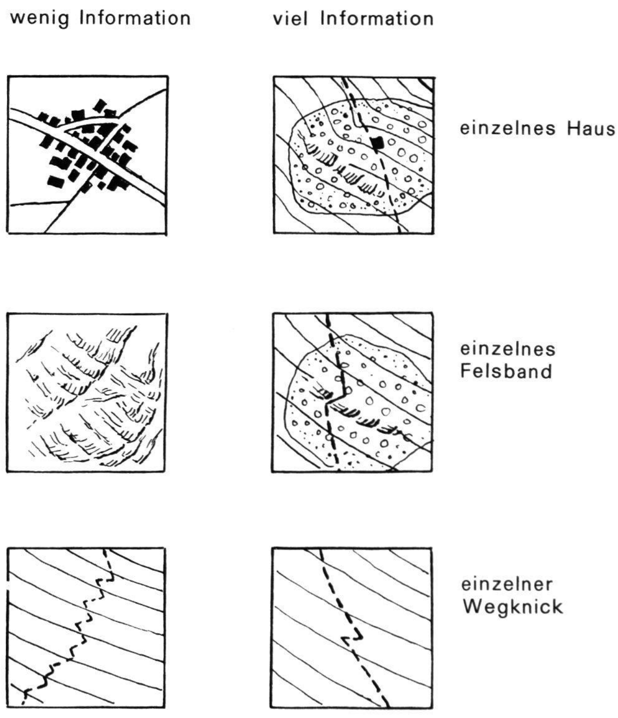

Abb. 4

Das sind aber auch die Elemente, die bei kleiner werdendem Massstab am längsten erhalten und graphisch betont werden müssen. Wir sehen, dass sich die Informationstheorie vollständig deckt mit dem richtig verstandenen und schon längst bekannten «Generalisieren».

In Flugbildern können diese seltenen Objekte wohl durch besondere Überdrucke auch hervorgehoben werden, doch wird so das Bild nur noch mehr belastet. Und damit kommen wir zu einem weitern wesentlichen Unterschied zwischen Flugbild und Karte.

Mit der Informationstheorie wird wohl gezeigt, dass seltene Ereignisse Träger hoher Information sind. Das heisst aber nicht, dass alle seltenen Ereignisse *sachlich* von gleicher Bedeutung sind. Der folgende Text enthält lauter wichtige Mitteilungen, trotzdem ist vielleicht nur ein einziger Satz für Sie von grosser Bedeutung:

Schweizer Handballer auf dem Weg nach oben. Ab 6. Januar eröffnet Dr. med. H. Meier seine Allgemein- und Unfallpraxis. Zu vermieten ab 1. Mai sonnige, ruhige Fünfzimmerwohnung für Fr. 520.–. Am nächsten Sonntag ist die Apotheke «zum Zitronenbaum» von 8 bis 18 Uhr geöffnet. Eine attraktive Erscheinung, charmant und aufgeschlossen, ist die 30jährige Dame, die dem Mann, der ihr Herz erobert, echtes Glück schenken kann. In Oberitalien unerwartet früher Wintereinbruch, viele Strassen sind nur mit Schneeketten befahrbar. Durch einen tragischen Unfall wurde im blühenden Alter von 28 Jahren Herr XY von dieser Erde abberufen. Im Libanon flammten erneut Kämpfe zwischen der israelischen Armee und Guerillastützpunkten auf.

Vielleicht sind Sie wegen einer plötzlichen Erkrankung in der Familie dringend auf Medikamente angewiesen, und vom ganzen Text ist nur die Mitteilung der Öffnungszeiten der Apotheke für Sie von Bedeutung. Man ordnet deshalb auch im Zeitungswesen die anfallende Information nach Themen und sieht dafür besondere Seiten vor.

Da eine topographische Karte als thematische Karte mit dem Thema «Topographie» angesehen werden muss, ist es prinzipiell falsch, wenn man die gesamte Datenmenge eines Flugbildes mit einer dem Thema der Karte entsprechenden Auswahl vergleicht. Was aber vom Thema, von der Sache her als wichtige Information anzusehen ist, darüber vermag auch die Informationstheorie keine Auskunft zu geben. Hier bleibt es bei der «subjektiven Auswahl». Mit der Informationstheorie kann dann allerdings eine Rangordnung innerhalb der zur Darstellung gelangenden Elemente getroffen werden.

Dass die Informationstheorie kein Mass für die sachliche Bedeutung einer Information liefert, betont schon der Kommentator von C. E. Shannons Werk, Warren Waever.

Abschliessend möchte ich noch zeigen, wie sich aus der Informationstheorie, über die Begriffe Entropie und Redundanz, sowohl für die Kartographie wie für die Photogrammetrie eine bemerkenswerte Erkenntnis ableiten lässt.

Das Lesen, Interpretieren eines Flugbildes oder einer Karte kann als «Versuch mit mehreren Ausgängen» angesehen werden. Die Begehung des Geländes, der Augenschein an Ort und Stelle entspricht dann dem tatsächlich durchgeführten Versuch, und die Information wäre dann am grössten, wenn alle Möglichkeiten, zum Beispiel eines Wegverlaufes, auf Grund der Photo- oder Karteninterpretation als etwa gleich wahrscheinlich hätten angenommen werden müssen. Sie wäre dann am kleinsten (= 0), wenn man an Ort und Stelle das vorfände, was man auf Grund des Photo- oder Kartenstudiums erwartet hätte. Es besteht kein Zweifel darüber, welcher Zustand anzustreben ist: ein einziger «Versuchsausgang» muss möglichst wahrscheinlich sein.

In der Informationstheorie haben wir gesehen, dass «Versuche mit ungleich wahrscheinlichen Ausgängen» auf eine Strukturierung hinweisen und dass es in diesen Fällen möglich ist, verstümmelte Texte bis zu einem gewissen Grade zu ergänzen.

Nun hat jedes Gelände eine ganz bestimmte Struktur, die im Relief, im Gewässernetz, in den Waldformen, in der Besiedlung und im Wegnetz zum Ausdruck kommt. Kann nun dieses Zusammenspiel, diese gegenseitige Abhängigkeit der Elemente im Informationsmittel zur Wirkung kommen, so bedeutet das, dass beim Lesen, Interpretieren viele Formen und Zusammenhänge als «selbstverständlich» erscheinen (das heisst sie besitzen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit). In der Karte kann diese ganz bestimmte Geländestruktur durch ein gekonntes Zusammenspiel der Höhenkurven, des Gewässernetzes, der Waldkonturen, der Besiedlung samt Wegnetz und der Reliefschattierung imitiert (das heisst wiederhergestellt) werden. Die hohe Redundanz einer solchen Karte bewirkt dann ihre leichte Lesbarkeit.

Beim Einzelflugbild (und damit auch bei der Orthophoto) kommt diese Geländestruktur sehr schlecht zum Ausdruck, wogegen bei der *stereoskopischen Doppelbildinterpretation* die dem Gelände innewohnende Ordnung sogar in verstärkter Form zur Geltung gebracht werden kann. Die dadurch erzeugte Redundanz ermöglicht hier oft ein «Ergänzen des Textes», das heisst schlecht sichtbare Wegstücke, Gebäude, Bachübergänge usw. können eindeutig interpretiert und ausgewertet werden.

Dass sich mit der Redundanz viele graphische Effekte, zum Beispiel der günstige Einfluss «wirksamer Basiskarten» erklären lässt, dürfte auch noch von Interesse sein.

Besonders die Ausführungen über Entropie und Redundanz zeigen, wie aus der Informationstheorie doch gewisse Kriterien zur Beurteilung und möglicherweise automatischen Herstellung von Karten und kartenähnlichen Produkten abgeleitet werden könnten.

Literatur

Baumann H. U.: Der mathematische Begriff der Information. — Institut für Arbeitspsychologie, ETH Zürich, 19...

Hake G.: Der Informationsgehalt der Karte — Merkmale und Masse. — In: Grundsatzfragen der Kartographie, Wien, 1970.

Jaglom A. M./Jaglom I. M.: Wahrscheinlichkeit und Information. — VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1960.

Jentsch G.: Einführung in die Informationstheorie. Manuskript. Berlin, 1973/74.

Shannon C. E./Waever W.: The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press, Urbana, Chicago, London, 1969.