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: 79 (1981)

Heft: 4

Artikel: Kartographische Kommunikation

Autor: Knöpfli, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-230646

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: 16.07.2025

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

Kartographische Kommunikation

R. Knöpfli

Eine Kommunikation ist dann gut, wenn der Empfänger diejenigen Nachrichten erhält, die er benötigt. Der Sender hat also dafür zu sorgen, dass diese relevanten Nachrichten möglichst treu beim Empfänger wiedergegeben werden. Diese Gruppe relevanter Nachrichten ist eine auf den Empfänger bezogene Abstraktion einer grösseren Mannigfaltigkeit. Sie hat eine mittlere Information, die man als Quellenentropie H(X) bezeichnet, und von dieser Information sollte möglichst viel an den Empfänger übertragen werden. Nun werden bei jeder Übertragung die Nachrichten durch irgendwelche Einflüsse gestört, und es kann beim Empfänger zu Ungewissheit über die tatsächlich gesendete Nachricht kommen. Man bezeichnet diese Mehrdeutigkeit der Nachrichtenwiedergabe als Äquivokation $H_y(X)$. Und was der Empfänger an relevanter Information vom Sender erhält, ist die um die Äquivokation $H_y(X)$ verringerte Quellentropie H(X), nämlich die Transinformation R.

Une communication est réputée bonne quand le destinataire reçoit le message dont il a besoin. L'émetteur doit donc faire en sorte que les informations pertinentes parviennent le plus fidèlement possible au destinataire. Pour celui-ci, les informations pertinentes sont constituées par le groupe des informations qui lui sont utiles, sélectionnées parmi une multitude d'autres. Ce groupe contient une quantité d'information moyenne, que l'on appelle entropie à la source H(X), et dont le maximum devrait être transmis au destinataire. Mais durant la transmission, le message est perturbé par du bruit d'origine quelconque, ce qui peut causer une incertitude chez le destinataire à propos du message réellement émis. On désigne cette ambiguïté du message reçu par le terme d'équivocation $H_y(X)$. Et la part des informations pertinentes reçues par le destinataire est exprimée par l'entropie à la source H(X) diminuée de l'équivocation $H_y(X)$, c'est-à-dire par l'information transmise.

1. Einleitung

Mit den beiden folgenden Bildern wird der selbe Geländeausschnitt wiedergegeben, links mit einem Flugbild und rechts mit einer Karte:

Was sofort auffällt, ist, dass das Flugbild viel mehr Einzelheiten wiedergibt als die Karte. Manche meinen deshalb, ein Flugbild enthalte auch entsprechend mehr Information als eine Karte und schlagen vor, Karten seien durch Flugbilder zu ersetzen.

Nun sieht man aber auch, dass gerade die Nachrichten, die in der Karte deutlich wiedergegeben werden, beim Flugbild in der ‹Nachrichtenflut› nahezu untergehen. Da aber besonders diese Nachrichten (Ortschaft, Strasse, Bahn) für die meisten Benützer einer topographischen Karte wertvoll sind, wäre ihnen mit einem Flugbild schlecht geholfen.

Damit ist nicht nur gezeigt, wodurch sich eine Karte von einem Flugbild, sondern ganz allgemein eine gute von einer mangelhaften Kommunikation unterscheidet. Es ist der willentliche Verzicht auf unnötige Nachrichten zugunsten einer möglichst verständlichen Übertragung der unbedingt notwendigen Nachrichten. Das ist übrigens auch der Sinn jeder Abstraktion, also jeder wissenschaftlichen Theorie und jedes Kunstwerkes.

In der Kartographie kennt man die Einschränkung des Karteninhaltes zwecks besserer Lesbarkeit unter dem Namen ‹Generalisierung›. Was damit gemeint ist, sei mit folgendem Beispiel gezeigt (Abb.1):

Da ich mich seit Jahren mit der Herstellung topographischer Karten aus Flugbildern befasse, weiss ich, welche Vorteile eine gute Generalisierung

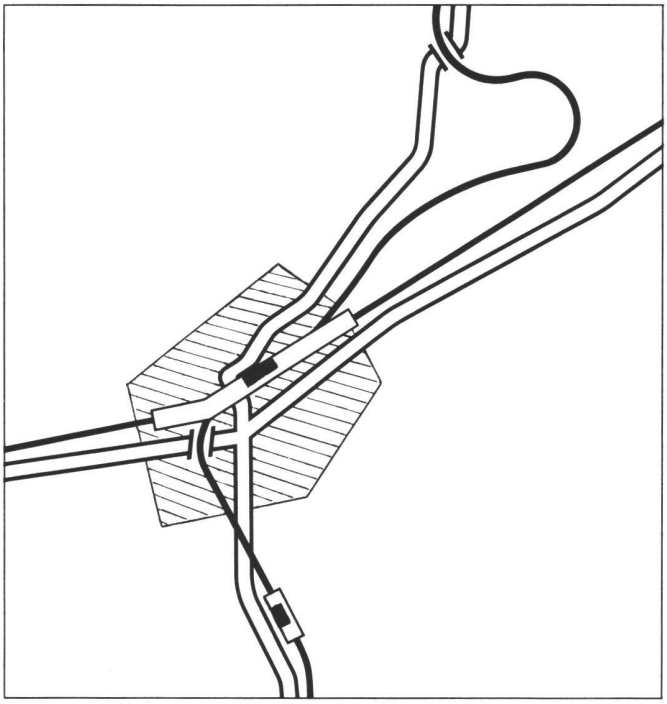
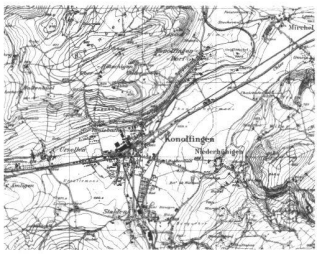


Abb. 1 Das selbe Gelände. Links in einem Flugbild, rechts als stark ‹generalisierte› Zeichnung



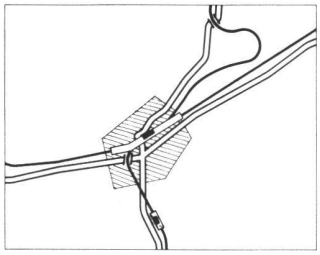


Abb. 2 Oben: Landeskarte 1:25 000, verkleinert in den Massstab 1:100 000. Unten: der selbe Kartenausschnitt stark ‹generalisiert›

bringt, und die Behauptung, Flugbilder seien wegen ihrer viel höheren Information Karten überlegen, vermochte mich nie zu überzeugen. Trotzdem liessen mir diese Bemerkungen keine Ruhe, und ich nahm mir vor, die Generalisierung theoretisch zu begründen. Dazu bediente ich mich der von C. E. Shannon geschaffenen Kommunikationstheorie.
Heute wird sehr viel darüber geredet, was und was nicht in einer Karte darzustellen sei, und man vergisst dabei leider nur allzuoft, dass es bei einer Kommunikation vor allem wichtig ist, dass der Empfänger einwandfrei versteht, was der Sender sagt. So beantwortet denn auch die Theorie von Shannon nicht die Frage, *was* vom Sender als wichtig für den Empfänger zu übertragen sei, sondern vielmehr die Frage, *wie* Nachrichten zu übertragen sind, damit sie vom Empfänger einwandfrei verstanden werden. Genau das ist aber auch der Sinn des Generalisierens. Und obschon die Kommunikationstheorie von Shannon aus der elektrischen Nachrichtenübertragung heraus entstand, ist sie das genaue theoretische Abbild des Generalisierens und damit der kartographischen Kommunikation überhaupt.

2. Quellenentropie, Äquivokation und Transinformation

Kommunikation ist im wesentlichen Nachrichtenübertragung, und sie ist nur dann gut, wenn der Empfänger auch wirklich versteht, was der Sender sagt. Heute gibt man sich leider nur zu oft damit zufrieden, wenn möglichst viel übertragen wird. Der Sender sendet irgend etwas und glaubt, damit seine Pflicht erfüllt zu haben, und der Empfänger empfängt irgend etwas und hat seine Freude an einer möglichst grossen Vielfalt; es liegt oft recht viel Kindliches darin.
Mit Flugbildern und Karten werden Nachrichten übertragen. Ob die Übertragung gut ist, kann nur so beurteilt werden, indem man die Nachrichten des Senders mit ihren Wiedergaben beim Empfänger vergleicht. So wollen auch wir vorgehen.
Dazu müssen wir zuerst genau bestimmen, welche Nachrichten wir untersuchen wollen. Es sollen Nachrichten sein, die vom Empfänger gefragt sind; man muss also den Empfänger und seine Bedürfnisse kennen. Handelt es sich um verschiedene Empfänger wie im Falle der kartographischen Kommunikation, so sind auch die Bedürfnisse entsprechend verschieden, und der

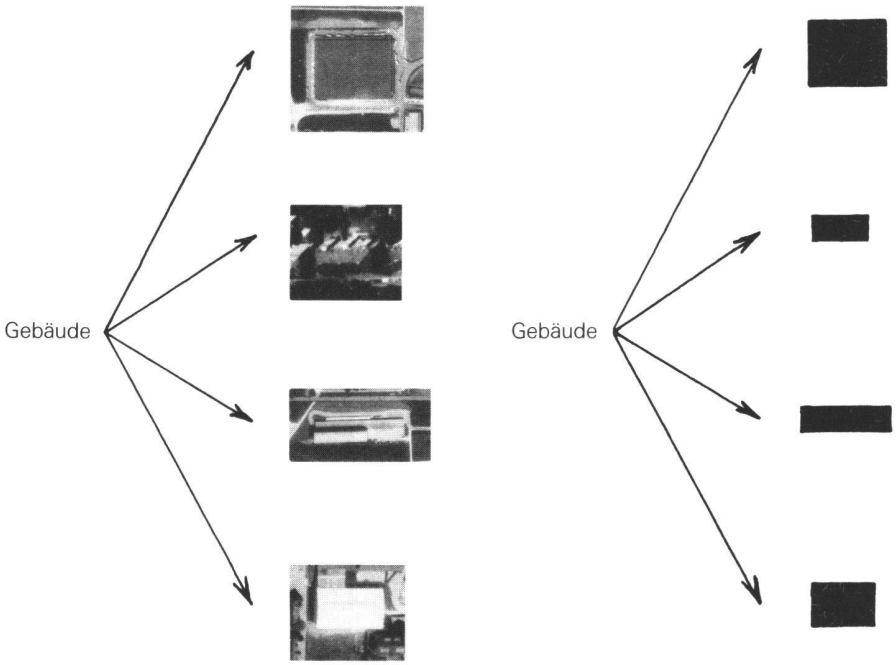


Abb. 3 Wiedergabe der Nachricht ‹Gebäude›, links in einem Flugbild, rechts in einer Karte

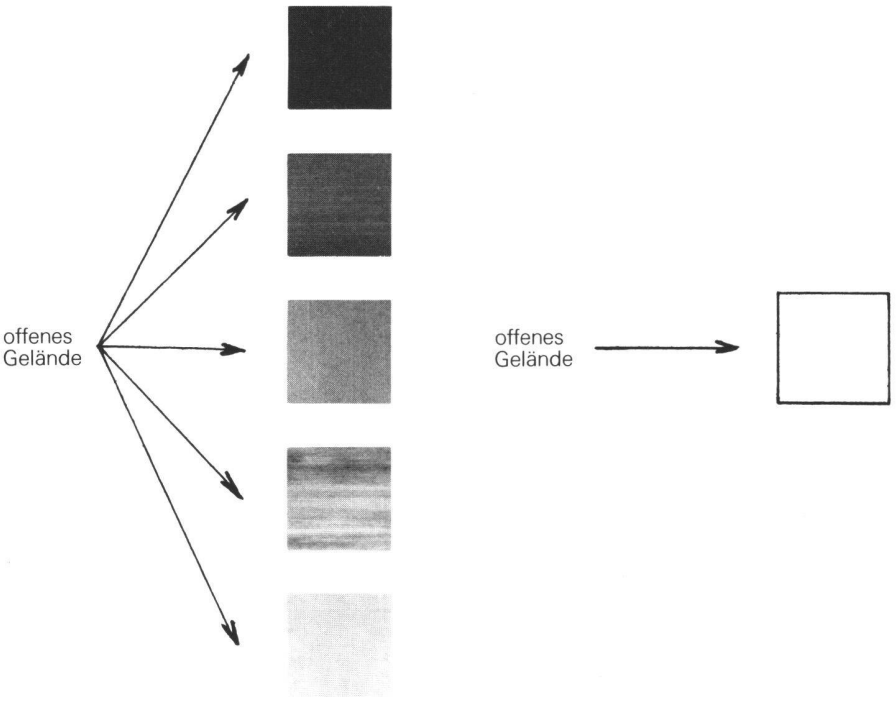


Abb. 4 Wiedergabe der Nachricht ‹offenen Geländes›, links in einem Flugbild, rechts in einer Karte

Sender wird nicht darum herumkommen, die Menge der zu übertragenden Nachrichten irgendwie zu begrenzen. Wo er die Grenze zu ziehen hat, sagt ihm keine Theorie, auch nicht die Kommunikationstheorie von Shannon. Wo die Grenze etwa liegt, wird einzig durch die Forderung bestimmt, die man an die Übertragungsgüte stellt.
Für unsere ersten Untersuchungen wollen wir einmal annehmen, der Empfänger frage nach den Nachrichten: Gebäude, Verkehrswege, Wald, offenes Gelände. Es ist also sorgfältig abzuklären, wie diese Nachrichten im Flugbild und in der Karte wiedergegeben werden. Dazu macht man am zweckmässigsten Verzeichnisse folgender Art (Abb. 3 + 4):
Man hat dabei sehr sorgfältig vorzugehen und vor allem vollkommen wahrheitsgetreu festzustellen, wie eine Nachricht tatsächlich wiedergegeben wird. Man darf sich dabei nicht von irgendwelchen Wunschvorstellungen irreleiten lassen. Was damit gemeint ist, sei an folgendem Ausschnitt aus einem Flugbild gezeigt:

Abb. 5 Nachricht ‹Strasse› in einem Flugbild

Wir sehen einen Wald und beidseits des Waldes eine Strasse. Auch wenn wir wissen, dass die Strasse durch den Wald hindurchführt, wird in diesem Teil die Strasse eben nicht als Strasse, sondern als Wald wiedergegeben. Die wahrheitsgetreue Bestandesaufnahme sieht daher so aus:

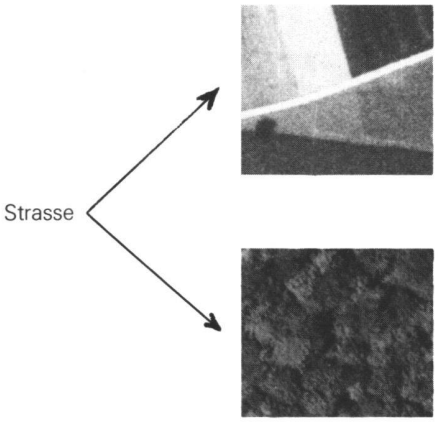


Abb. 6 Die verschiedenen Wiedergaben der Nachricht ‹Strasse›

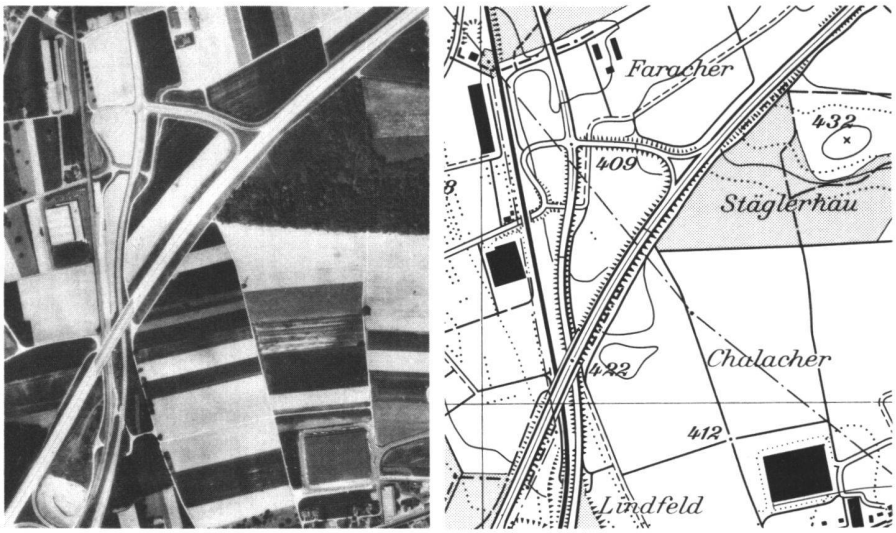


Abb. 7 Wiedergabe der Nachrichten ‹Gebäude› und ‹offenes Gelände›. Links in einem Flugbild, rechts in einer Karte

Für solche Bestandesaufnahmen teilt man das Gebiet am bestem mit einem Raster in genügend feine Gebiete ein.
Um nun möglichst deutlich zu zeigen, wie mit der Kommunikationstheorie eine Übertragung beurteilt wird, schränken wir unsere Nachrichtenmenge nochmals ein und betrachten nur die Wiedergabe der beiden Nachrichten ‹Gebäude› und ‹offenes Gelände› (Abb. 7):
Wir stellen fest, dass eine ganz bestimmte Nachricht, die der Sender mehrere Male überträgt, z. B. Gebäude, in der Karte stets genau gleich, z. B. als schwarze Fläche, wiedergegeben wird, während sie im Flugbild in verschiedenen Grautönen wiedergegeben wird.
Entsprechendes geschieht bei der Übertragung der Nachricht ‹offenes Gelände›. In der Karte wird diese Nachricht als leere, weisse Fläche, im Flugbild dagegen auch in den verschiedensten Grautönen wiedergegeben.
Beim Flugbild werden die Nachrichten bei der Übertragung durch irgendwelche störende Einflüsse gestreut, während das bei der Karte nicht der Fall ist. Man bezeichnet deshalb eine Übertragung, wie sie mit Hilfe des Flugbildes gezeigt wurde, als gestört, und eine Übertragung, wie sie anhand der Karte gezeigt wurde, als ungestört. Da man in der Kommunikationstheorie die Verbindung zwischen Sender und Empfänger ganz allgemein als Kanal bezeichnet, spricht man von gestörten und ungestörten Kanälen. Dafür verwendet man die folgenden schematischen Darstellungen (Abb. 8 + 9):
Die Verbindungspfeile, die von den sendeseitigen Nachrichten $X_1, X_2, \ldots, X_n$ zu den empfangsseitigen Nachrichten $Y_1, Y_2, \ldots, Y_n$ zeigen, bezeichnet man als Übergangswahrscheinlichkeiten. Sie geben an, mit welchen Wahr-

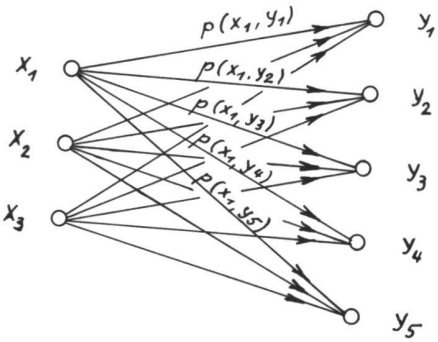


Abb. 8 Der gestörte Kanal

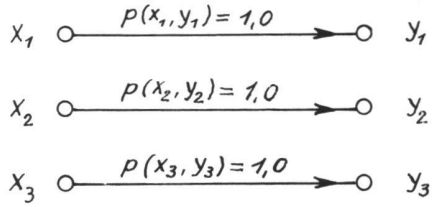


Abb. 9 Der ungestörte Kanal

scheinlichkeiten die sendeseitigen Nachrichten in die empfangsseitigen Nachrichten übergehen. Damit ist auch gesagt, dass sowohl die Gruppe der sendeseitigen wie die Gruppe der empfangsseitigen Nachrichten vollständig bestimmt sein muss. Wir sehen, dass der ungestörte Kanal nur ein Grenzfall des gestörten Kanals ist. Bei ihm sind gewisse Übergangswahrscheinlichkeiten verschwindend klein.
Die Übergangswahrscheinlichkeiten erhält man aus der Bestandesaufnahme. Sie liefert die statistischen Unterlagen dazu. Nun sind solche Nachrichtenstreuungen nichts Nachteiliges, wenn sich die Streubereiche nicht überschneiden:

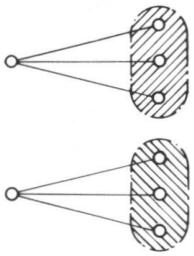


Abb. 10 Nachrichtenstreuung ohne Überschneidung der Streubereiche

Der Empfänger weiss immer noch eindeutig, welche Nachricht gesendet wurde. Möglicherweise vermag er sogar den Störungen, die ja Ursache der Streuung sind, etwas Brauchbares zu entnehmen.
Und genau das meinen ja auch all jene, die sagen, ein Flugbild enthalte viel mehr Information als eine Karte.
Nun besteht die grosse Gefahr solcher Nachrichtenstreuungen darin, dass sich die Streubereiche sehr bald zu überschneiden beginnen:

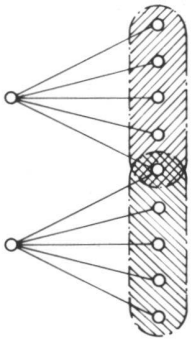


Abb. 11 Nachrichtenstreuung mit Überschneidung der Streubereiche

Die Überschneidung bedeutet, dass in diesen Fällen der Unterschied zwischen den am Sendeort verschiedenen Nachrichten durch die Störung zerstört wird. Für den Empfänger werden damit zwei ursprünglich verschiedene Nachrichten gleich, und er weiss nicht mehr sicher, welche Nachricht wirklich gesendet wurde. Das sehen wir sehr gut im bereits bekannten Flugbild:

Abb. 12 Die Streubereiche der Nachrichten ‹Bahn› und ‹offenes Gelände› überschneiden sich (gleiche Grautöne) und führen zu Ungewissheit (Äquivokation)

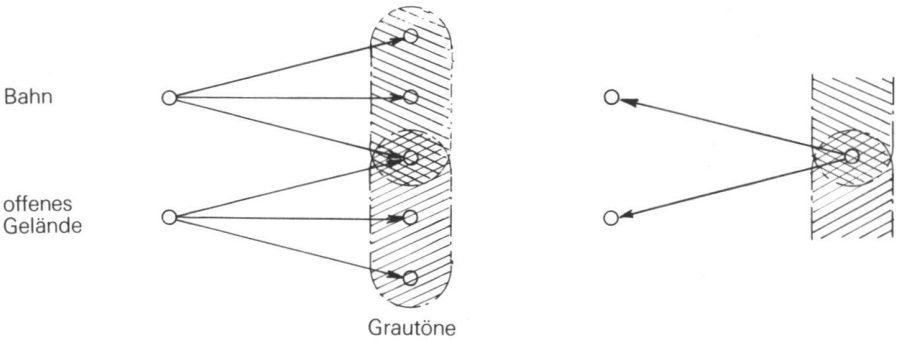


Abb. 13 Kommunikationstheoretische Darstellung von Abb. 12

Die Wiedergabe der Bahn überschneidet sich mit der Wiedergabe des offenen Geländes (Abb. 13):
Was das für die Kommunikation bedeutet, sei jetzt mit Hilfe der Kommunikationstheorie vor Augen geführt. Dazu benützen wir ein stark vereinfachtes Modell. Es wird uns aber sehr schön das Wesentliche zeigen. Gegeben sei ein Gelände folgender Art:

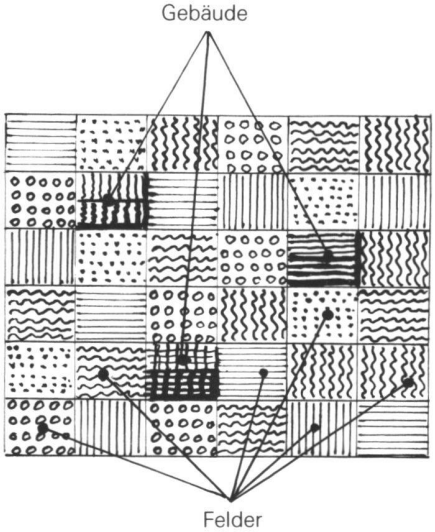


Abb. 14 Gelände mit Gebäuden und Feldern

Für den Empfänger seien nur die Nachrichten ‹Gebäude› und ‹offenes Gelände› wichtig, d. h. relevant. Somit können wir die verschiedenen Gebäude in eine Äquivalenzklasse X_1 und die verschieden bewirtschafteten Felder in eine Äquivalenzklasse X_2 zusammenfassen (Abb. 15):
Dadurch entsteht aus dem ursprünglichen Gelände ein abstraktes Gelände mit nur noch zwei, allerdings jetzt relevanten Nachrichten (Abb. 16):
Dem Bild entnehmen wir, dass die beiden Nachrichten X_1 und X_2 mit den folgenden Wahrscheinlichkeiten (d. h. relativen Häufigkeiten) vorkommen:

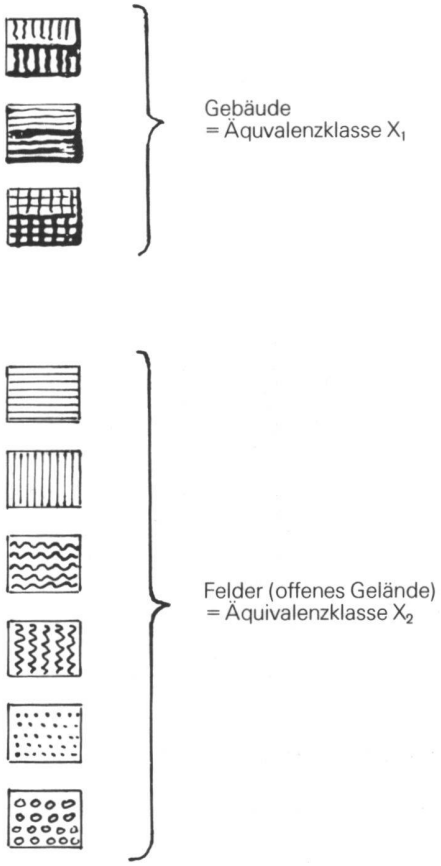


Abb. 15 Zusammenfassen der Streubereiche der relevanten Nachrichten in Äquivalenzklassen

X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_1	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_1	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_1	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2

Abb. 16 Abstraktion des wirklichen Geländes

$p(X_1) = 3/36$, $p(X_2) = 33/36$

Gemäss Informationstheorie hat dann dieses Bild eine mittlere Information oder Entropie H(X) von:

$$H(X) = p(X_1) \cdot \mathrm{ld}\,1/p(X_1) + p(X_2) \cdot \mathrm{ld}\,1/p(X_2) = 0{,}4748$$

(ld: dualer Logarithmus, Logarithmus zur Basis 2).

Man bezeichnet H(X) als die Quellenentropie.
Nun übertrage der Sender dieses abstrakte, für den Empfänger relevante Bild. Dazu benütze er als Kanal eine Karte und kodiere die Nachrichten wie folgt:

Abb. 17 Kodierung der Nachrichten

Aus der Sicht der Kommunikationstheorie heisst das, dass die beiden relevanten Nachrichten X_1 und X_2 durch irgendwelche statistische Kanalstörungen bei der Übertragung gestreut wurden. Und das trifft in unserem Fall ja auch tatsächlich zu. Für den Empfänger sind ja nur die beiden Nachrichten ‹Gebäude› und ‹offenes Gelände› wichtig, d. h. relevant. Und diese abstrakten Nachrichten werden durch eine zufällige Feldbewirtschaftung, durch eine zufällige Struktur der Hausdächer, durch eine zufällige Beleuchtung bei der Aufnahme usw. statistisch gestört, d. h. gestreut.
Bezeichnet man die beim Empfänger wiedergegebenen Nachrichten mit Y_1, Y_2, ..., Y_m, und die Wahrscheinlichkeiten, mit denen sie auftreten, mit $p(Y_1)$, $p(Y_2)$, ..., $p(Y_m)$, so lässt sich daraus ebenfalls die Entropie H(Y) der Wiedergabe berechnen.

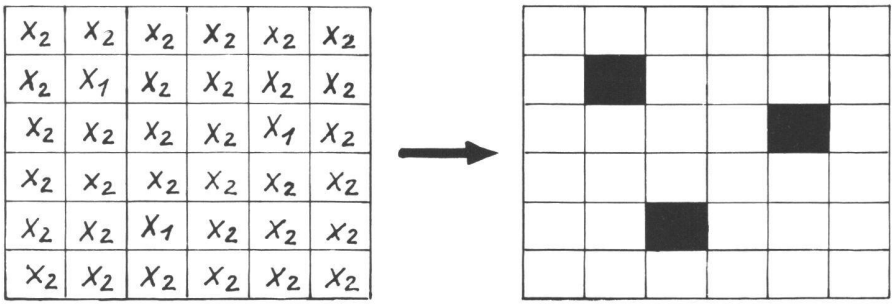


Abb. 18 Übertragung der relevanten Nachrichten

Wir sehen, dass die Wiedergabe eine höhere Entropie oder mittlere Information hat als der sendeseitige Text, dessen relevante Entropie (und nur diese zählt!) ja nur 0,4748 beträgt.
Die für den Empfänger relevante Information konnte somit vollständig an den Empfänger übertragen werden.
Jetzt benütze der Sender als Kanal ein Flugbild, und die Wiedergabe dürfte etwa so aussehen:

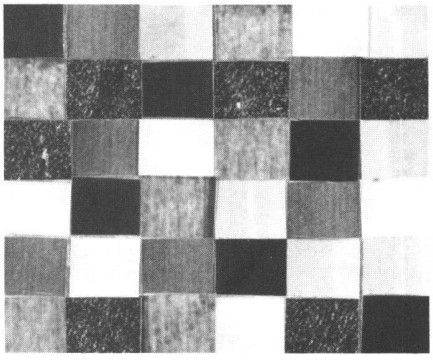


Abb. 19 Wiedergabe des Geländes in einem Flugbild. Die relevanten Nachrichten ‹Gebäude› und ‹offenes Gelände› werden gestreut in verschiedenen Grautönen wiedergegeben

In unserem Flugbild kommen 6 unterscheidbare Grautöne vor. Das sind die verschiedenen Nachrichten Y_1, Y_2, ..., Y_6. Und wie wir ebenfalls dem Bild entnehmen, kommen sie mit den folgenden Wahrscheinlichkeiten (d. h. relativen Häufigkeiten) vor:

$$p(Y_1) = p(Y_2) = \ldots = p(Y_6) = 6/36 = 1/6$$

Daraus erhalten wir für die Entropie H (Y) der Wiedergabe:

$$H(Y) = \sum_{i=1}^{i=6} p(Y_i) \cdot \mathrm{ld}\,1/p(Y_i) = 2{,}5850$$

Wir sehen, dass die Wiedergabe eine höhere hat als der sendeseitige Text, dessen relevante Entropie (und nur diese zählt!) ja nur 0,4748 beträgt.
Also hat das Flugbild doch eine höhere Information als die Karte, deren mittlere Information ja auch bloss 0,4748 ist.
Nun sind wir aber noch nicht ganz am Ende mit unseren kommunikationstheoretischen Betrachtungen. Wir stellen nämlich fest, dass die Wiedergabe der Hausdächer in denselben Grautönen erfolgte wie gewisse Felder. Die Kanalstörungen zerstörten also den Unterschied zwischen den relevanten Nachrichten X_1 und X_2, oder anders ausgedrückt, die Streubereiche der beiden relevanten Nachrichten überschneiden sich beim Empfänger.
Es kommt zu Ungewissheit. Beim Empfang einer Nachricht Y weiss der Empfänger nicht mehr sicher, welche Nachricht X gesendet wurde, und Shannon bezeichnet diese Ungewissheit beim Empfänger deshalb als Äquivokation $H_Y(X)$.
Um diese Aquivokation $H_Y(X)$ wird die relevante Entropie H(X) beim Empfänger vermindert, und was tatsächlich an relevanter mittlerer Information vom Sender an den Empfänger übertragen wird, ist die sogenannte Transinformation R, also der Unterschied zwischen der relevanten Quellenentropie H(X) und der Äquivokation $H_Y(X)$:

Transinformation R = Quellenentropie H(X) – Äquivokation $H_Y(X)$

Und diese Transinformation ist nun bei einem Flugbild sehr oft spürbar geringer als bei einer Karte.
Es sei nochmals besonders darauf hingewiesen, dass die Transinformation aus der relevanten Quellenentropie H(X) und nicht etwa aus der Wiedergabeentropie H(Y) zu berechnen ist.
Nun finden wir Äquivokation nicht nur in Flugbildern, sondern leider sehr häufig auch in Karten. Sie ist ja das kommunikationstheoretische Mass für die Information, die dem Empfänger verlorengeht, weil der Unterschied zwischen relevanten Nachrichten durch Übertragungsstörungen zerstört wurde. Es ist dem Empfänger nicht mehr möglich, die für ihn relevanten Nachrichten voneinander zu unterscheiden. Und das tritt auch ein, wenn die Unterschiede zwischen Nachrichten so klein sind, dass wir sie wegen der begrenzten Auflösung unseres Wahrnehmungsvermögens nicht mehr erkennen können (Abb. 20 + 21):
Und wie das folgende Beispiel sehr schön zeigt, führt gerade der Wunsch nach einer möglichst feinen Nachrichten-Differenzierung sehr gern zu solchen Überschneidungen. Auch wenn solche Nachrichten-Differenzierungen willentlicher Art sind, so sind es eben doch Nachrichtenstreuungen (Abb. 22):
Ein begrenztes Auflösungsvermögen ist somit dem Wesen nach nichts anderes als eine Kanalstörung – oder umgekehrt gesagt, ist die Kanalstörung nichts anderes als das begrenzte Auflösungsvermögen des Kanals; es ist eine zum Kanal gehörende, mit ihm fest verbundene Eigenschaft. Wenn also einem Sender ein bestimmter Kanal zur Verfügung steht, so ist es zwecklos, den Kanal ändern zu wollen. Der Sender sollte sich vielmehr überlegen, wie er

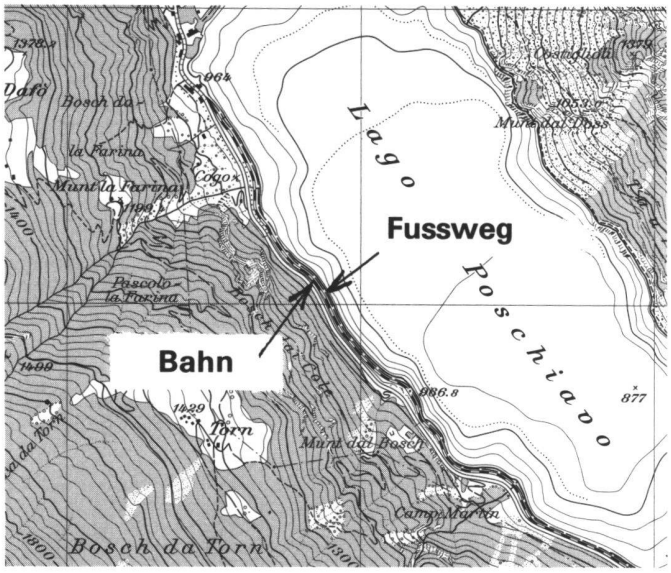


Abb. 20 Die relevanten Nachrichten ‹Fussweg› und ‹Bahn› haben sowohl räumlich wie in der Art der Signatur zu geringen Abstand. Dadurch kommt es wegen des begrenzten Auflösungsvermögens des Empfängers (Kanalstörung) zu Äquivokation. (Ausschnitt aus Landeskarte der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1298, Poschiavo, 1973)

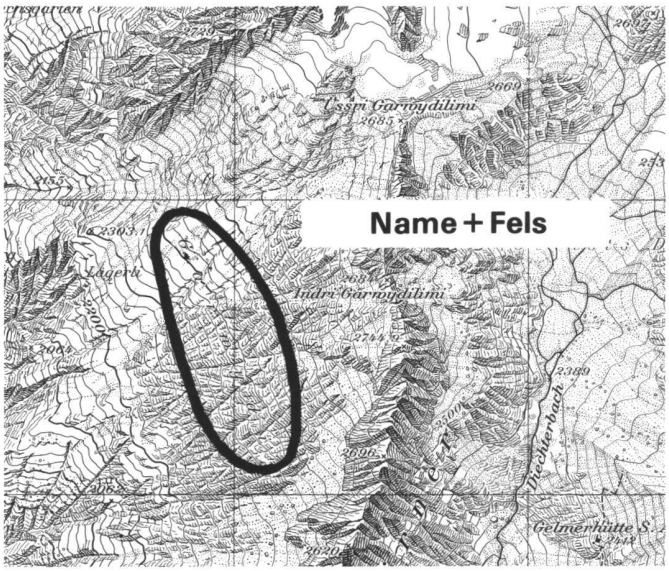


Abb. 21 Auch hier haben die relevanten Nachrichten ‹Namen› und ‹Fels› einen zu geringen räumlichen Abstand. Es kommt wegen des begrenzten Auflösungsvermögens (Kanalstörung) zu Äquivokation (Ausschnitt aus Landeskarte der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1230, Guttannen)

seine Nachrichten zu gestalten hat, damit es ihm gelingt, sie trotz Kanalstörungen ungestört an den Empfänger zu übertragen. Wenn man bedenkt, dass jede Zuhörerschaft und jede Leserschaft nicht nur Empfänger, sondern vielmehr auch Kanal ist, so sollten die Referenten und Redaktoren daraus die nötigen Schlüsse ziehen. Sie müssten sich zuerst Gedanken machen über die Art der Kanalstörungen und dann ihre Nachrichten entsprechend gestalten. Bei diesen Kanälen bestehen die Kanalstörungen aus vorgefassten Meinungen, bestehendem Wissen oder Unwissen usw. Sie bewirken, dass die Nachrichten gestreut werden und dass die damit verbundene Äquivokation das, was der Referent oder der Redaktor eigentlich sagen wollte, nicht verstanden wird.

3. Ungestörte Nachrichten durch gestörte Kanäle

Nachrichten überträgt man mit Zeichen, und die Zuordnung eines Zeichens zu einer Nachricht nennt man Kodieren. Nachrichten können auf die verschiedenste Weise kodiert werden. Welche Art von Zeichen zu verwenden sind, wird weitgehend von der Art des Kanals bestimmt.

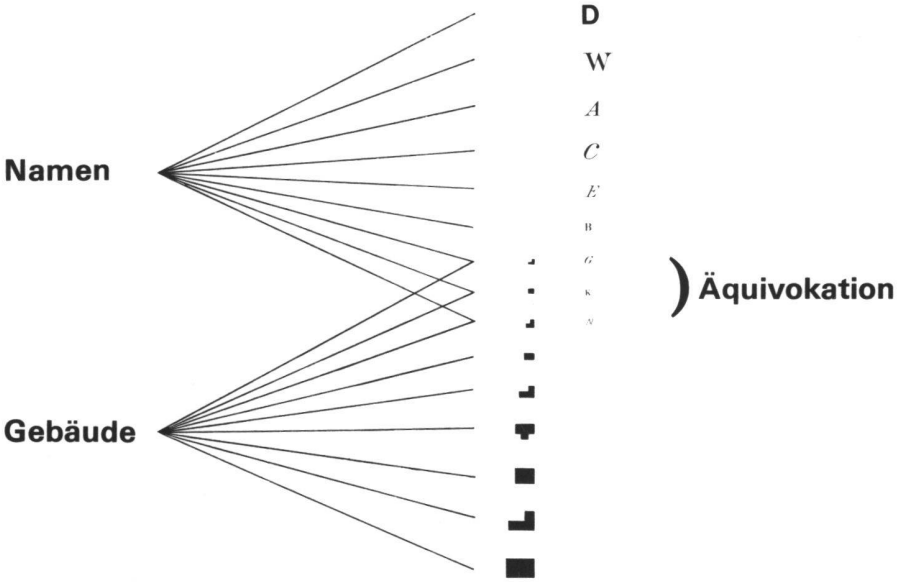


Abb. 22 Die zu grosse Differenzierung der relevanten Nachrichten führt auch hier wegen des begrenzten Auflösungsvermögens (Kanalstörung) zu Äquivokation

Wir nehmen einmal an, es stehe uns ein Kanal mit den folgenden Eigenschaften zur Verfügung:

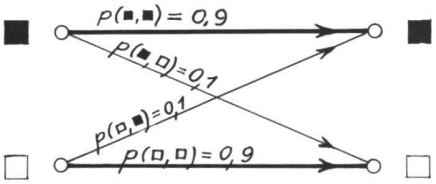


Abb. 23 Gestörter Kanal

Zu übertragen seien die beiden relevanten Nachrichten ja und nein. Dazu kodieren wir die Nachrichten wie folgt:

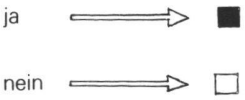


Abb. 24 Stark störungsanfällige Kodierung

Wie die Übergangswahrscheinlichkeiten zeigen, wird auf 10 Zeichen 1 Zeichen falsch übertragen. Da es sich um Wahrscheinlichkeiten handelt, ist es durchaus möglich, dass auch bei einer nur einmaligen Übertragung die Antwort falsch ist. Diese Kodierung ist somit sehr störanfällig und kann katastrophale Folgen haben.

Kodieren wir die Nachrichten dagegen wie folgt (Abb. 25):

so werden die Nachrichten auch hier gestört. Von 100 gesendeten schwarzen Zeichen für die Nachricht ‹ja› werden etwa 10 Zeichen weiss wiedergegeben.

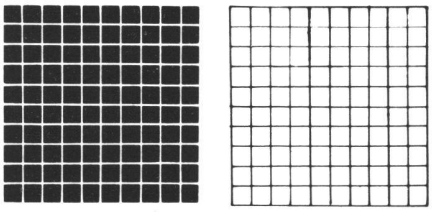


Abb. 25 Schwach störungsanfällige Kodierung

Entsprechendes gilt für die Nachricht ‹nein›. Werden die ja/nein-Nachrichten mehrere Male übertragen, so werden auch hier die Nachrichten gestreut, es kommt aber nicht mehr zu einem Überschneiden der Streubereiche:

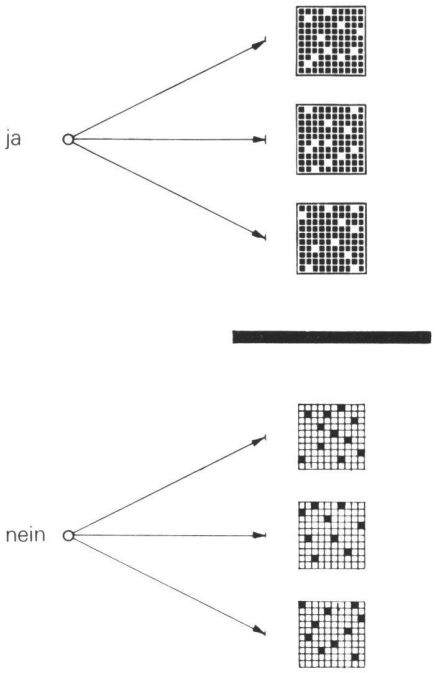


Abb. 26 Geeignete Kodierung verhindert ein Sich-Überschneiden der Streubereiche

Diesem Beispiel entnehmen wir, dass bei einer Nachrichtenübertragung primär die Zeichen gestört werden, und die Aufgabe des Senders besteht darin, die Nachrichten so aus den Zeichen aufzubauen, dass die Merkmale, die die verschiedenen Nachrichten am Sendeort voneinander unterscheiden, bei der Übertragung nicht zerstört werden.
Was das für die kartographische Kommunikation bedeutet, sei jetzt gezeigt.
Gegeben seien drei Nachrichten. Es seien die für einen bestimmten Empfänger relevanten Nachrichten. Sie sollte er voneinander unterscheiden können:

$x_1 = \bigcirc \quad x_2 = \circledcirc \quad x_3 = \bullet$

Abb. 27 Relevante Nachrichten

Durch weitere Merkmale werden diese beiden Nachrichten in feinere Nachrichten aufgeteilt, wie das folgende Schema zeigt:

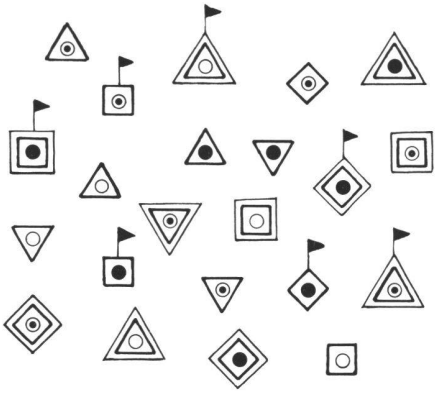


Abb. 28 Zusätzliche Merkmale streuen die relevanten Nachrichten

Dadurch werden die ursprünglichen Nachrichten (Merkmale) immer mehr und mehr verdeckt. Der Unterschied, der zwischen den relevanten Nachrichten bestand, wird durch kräftiger wirkende Merkmale zer-stört. Die relevanten Nachrichten lassen sich nicht mehr voneinander unterscheiden. Diese kräftiger wirkenden Merkmale sind somit nichts anderes als eine Art von Kanalstörung. Sie verursachen beim Empfänger Äquivokation, also Ungewissheit über die tatsächlich gesendete Nachricht. Aber worin bestehen denn diese Kanalstörungen? Offenbar aus Nachrichten, die für einen anderen Empfänger durchaus relevant sein können. Hier aber wirken sie als Störung.

Kommunikationstheoretisch ist kein Unterschied zwischen Störung und irrelevanter Nachricht. Beide können zu Ungewissheit beim Empfänger führen. Daraus ersieht man, dass es keine allgemein gültige Theorie geben kann, die dem Sender ein für allemal sagt, was relevant und was Störung ist. Da hat sich der Sender nach den Bedürfnissen des jeweiligen Empfängers zu richten, und da wird sich in alle Zukunft der Könner vom Nichtkönner unterscheiden.

Was aber mit einer allgemeinen Theorie beantwortet werden kann, ist, wie Nachrichten zu kodieren sind, damit sie möglichst ungestört zum Empfänger gelangen, damit sie der Empfänger möglichst gut versteht.

Man fasst alle Nachrichten mit demselben relevanten Merkmal in eine Äquivalenzklasse zusammen. Diese Äquivalenzklassen sind nichts anderes als die Streubereiche der relevanten Nachrichten. Durch Abschwächen oder gar Weglassen der irrelevanten Merkmale werden dann die Streubereiche möglichst eng begrenzt. Dadurch wird in einem ersten Schritt einer Überschneidung der Streubereiche entgegengewirkt. Man gewinnt aber zudem Platz im Übertragungskanal und kann so die übrigbleibenden relevanten Nachrichten sehr wirkungsvoll kodieren. Dies entspricht einer Vergrösserung des Nachrichtenabstandes, und mit diesem zweiten Schritt wird zusätzlich einer Überschneidung der relevanten Nachrichten entgegengewirkt.

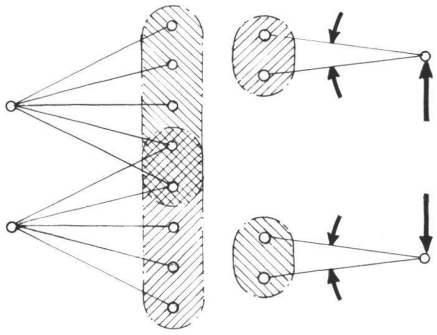


Abb. 29 Die Bildung von Äquivalenzklassen schränkt die Streubereiche der relevanten Nachrichten ein, und eine ‹starke› Kodierung vergrössert ihren Abstand

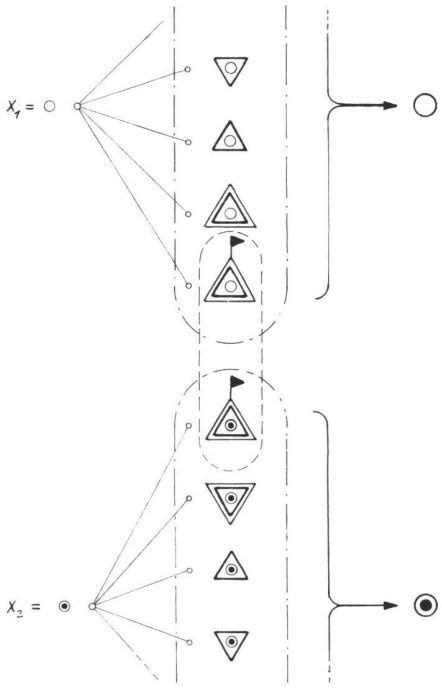


Abb. 30 Gleiche Merkmale wirken zerstörend auf den relevanten Nachrichtenunterschied

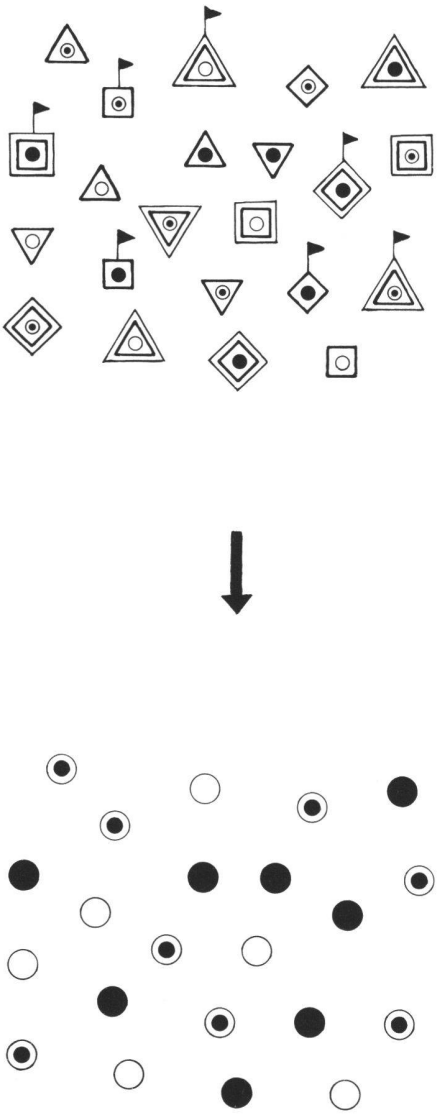


Abb. 31 Mit dem Einschränken der Streubereiche durch Bilden von Äquivalenzklassen und dem Vergrössern des Nachrichtenabstandes durch kräftige Kodierung wird der Äquivokation entgegengewirkt

Was man unter ‹Vergrössern des Nachrichtenabstandes› zu verstehen hat, zeigen die folgenden Beispiele:

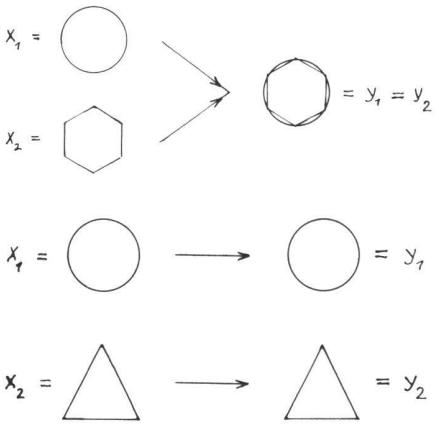


Abb. 32 Kreis und Sechseck haben einen kleineren ‹Abstand› als Kreis und Dreieck

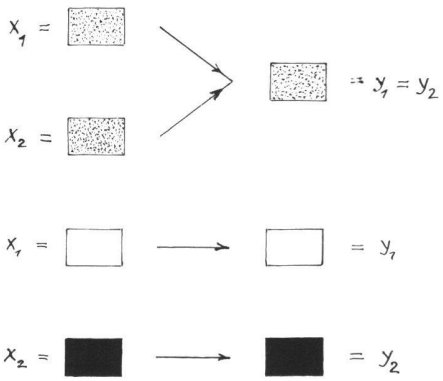
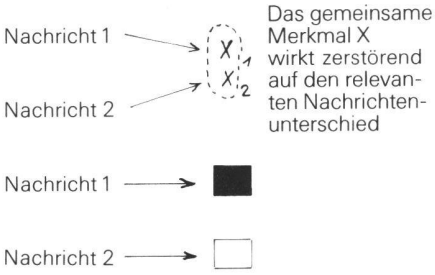


Abb. 33 Verschiedene Grautöne (oder Raster) haben einen kleineren ‹Abstand› als weiss und schwarz

X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_1	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_1	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_1	X_2	X_2	X_2
X_2	X_2	X_2	X_2	X_2	X_2



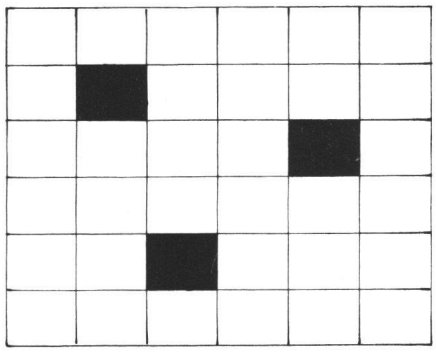


Abb. 34 Kodiert man die relevanten Nachrichten mit X_1 und X_2, so zerstört das gemeinsame Merkmal X den Unterschied und es kommt zu Äquivokation. Kodiert man sie mit schwarz und weiss, so überschneiden sich die Nachrichten nicht

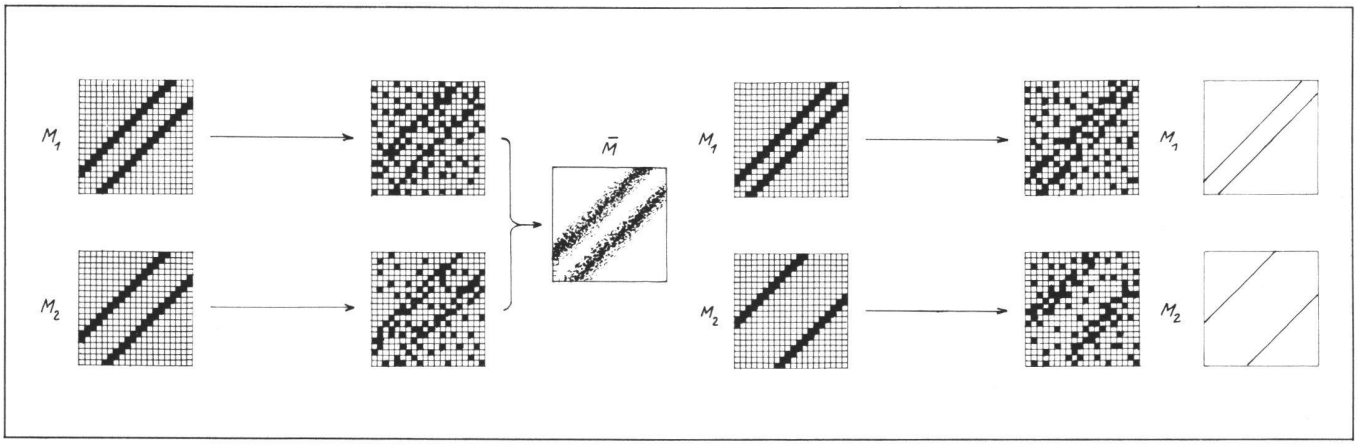


Abb. 35 Ist der Nachrichtenabstand zu gering, so wird er durch das begrenzte Auflösungsvermögen des Kanals (z. B. des menschlichen Wahrnehmungsvermögens) zerstört.
Ist der Abstand dagegen gross genug, so können die verschiedenen Nachrichten trotz Störung voneinander unterschieden werden

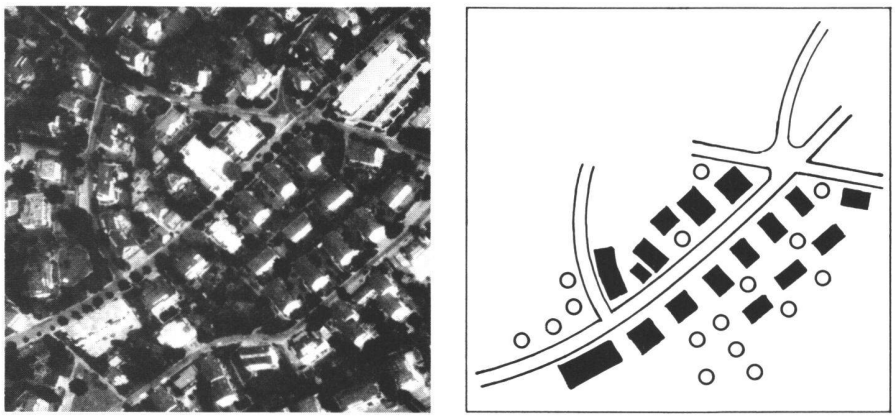


Abb. 36 Strassen, Häuser, Bäume seien die relevanten Nachrichten. Im Flugbild links werden diese Nachrichten durch viele irrelevante Nachrichten gestreut. In der Karte rechts sind die Streubereiche nur noch sehr schmal

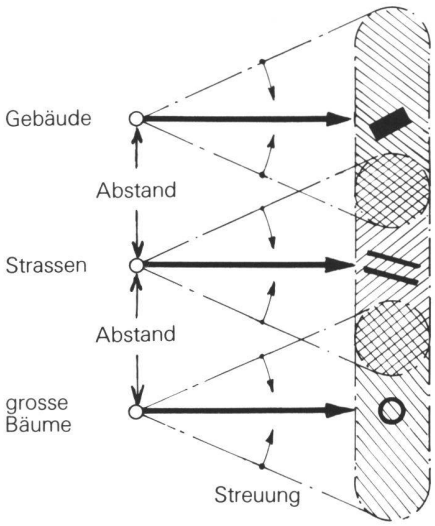


Abb. 37 Kommunikationstheoretische Darstellung der Umformung eines Flugbildes in eine Karte

Auch mit der Umformung eines Flugbildes in eine Karte werden im wesentlichen die Streubereiche der relevanten Nachrichten verringert und die Abstände zwischen den relevanten Nachrichten vergrössert (Abb. 36 + 37):
Wir sehen auch, dass sich aus derselben Menge von Nachrichten ganz verschiedene, sich nicht überschneidende Äquivalenzklassen bilden lassen. Und diese unterschiedliche Bildung von Äquivalenzgruppen ist das genaue Abbild der verschiedenen Interessen, die verschiedene Menschen an derselben Gruppe von Dingen haben können. Auch hier sehen wir wieder, dass es keinen Sinn hat, nach Theorien zu suchen, die ein für allemal festlegen, woran man Interesse zu haben hat.

4. Schlusswort

Flugbilder und Karten werden leider zu oft nur nach der Menge der dargestellten Einzelheiten beurteilt. Man benützt neuerdings dazu sogar die Informationstheorie und glaubt, eine hohe Entropie H(Y) der Wiedergabe sei auch ein Zeichen hoher Güte. Dieser Bericht sollte gezeigt haben, dass das nicht zutrifft, sondern dass einzig die Transinformation als Mass für die Güte einer Kommunikation zu betrachten ist. Sie gibt an, wieviel an relevanter Information tatsächlich vom Sender an den Empfänger übertragen wird.

Literatur

Abramson, N.: Information theory and coding. Mc Graw-Hill 1963

Fano, R. M.: Informationsübertragung. R. Oldenbourg Verlag 1966

Meyer-Eppler, W.: Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie; Kommunikation und Kybernetik in Einzeldarstellungen, Band 1. Springer-Verlag 1969

Peters, J.: Einführung in die allgemeine Informationstheorie; Kommunikation und Kybernetik in Einzeldarstellungen, Band 6. Springer-Verlag 1967

Shannon, C. E. and Weaver, W.: The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press 1972

Adresse des Verfassers:
R. Knöpfli, Dipl. Ing. ETH, Bundesamt für Landestopographie, CH-3084 Wabern

Der neue Wild Aviograph AG 1 – neue Möglichkeiten der Photogrammetrie

F. Staudacher

In vielen Ländern der Erde besteht ein grosser Bedarf an Karten in kleinen und mittleren Massstäben, der auch noch lange nicht gedeckt sein wird. Die Auswertung in diesen Massstäben gehört daher nach wie vor zu den wichtigsten Aufgaben der Photogrammetrie. Der neuentwickelte Wild Aviograph AG 1 ist ein sehr wirtschaftliches Gerät für die Kartierung in diesen Massstäben. Dank seiner Genauigkeit, einfachen Bedienung und zahlreicher Ausbaumöglichkeiten bietet er ein hervorragendes Kosten/Nutzen-Verhältnis.

Dans de nombreux pays, la demande en cartes de petites et moyennes échelles, dont l'établissement est un travail de longue haleine, s'accroît considérablement. La restitution à de telles échelles représente un des travaux les plus importants en photogrammétrie. L'Aviographe AG 1 Wild est un appareil précis et efficace. Grâce à une précision élevée, un emploi simple et de nombreuses possibilités d'extension, il offre un rapport prix/rendement extrêmement favorable.

Wenn die Photogrammetrie im Laufe der letzten beiden Jahrzehnte geholfen hat, die grossen Lücken weiter zu schliessen, die in der kartographischen Erfassung unserer Erde noch immer vorhanden sind, dann hat das Stereoauswertegerät Aviograph aus der Schweiz daran besonderen Anteil. Man stelle sich einmal vor: von den Aviograph-Modellen B8/B8S hat die Wild Heerbrugg AG mehr als eineinhalbtausend Exemplare ausgeliefert. Photogrammetrie-Fachleute in aller Welt haben es zum wohl verbreitetsten photo-