

# Die streuwertgerechte Bemessung von Leitungsbündeln in Wählnetzen mit Leitweglenkung

Mitteilung aus dem Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Technischen Hochschule Stuttgart

Von A. Lotze und R. Schehrer

Mit 10 Bildern

DK 621.395.742

## 1. Aufgabenstellung

In Fernwählnetzen mit alternativer Leitweglenkung, wie z. B. im Landesfernwahlnetz, soll der Verkehr in möglichst wirtschaftlicher Weise aufgeteilt werden auf Querwege mit Überlauf einerseits und auf Kennzahlwege andererseits.

Diese Aufteilung wird z. Z. bei der DBP nach einem Näherungsverfahren durchgeführt, welches vor etwa 12 Jahren eingeführt wurde; es wird im folgenden als DBP-Verfahren bezeichnet [1]. Ein verbessertes Verfahren wurde 1962 von E. Hoffmann [2] vorgeschlagen. (Zu diesem Zeitpunkt konnten bereits elektronische Datenverarbeitungsanlagen für die Erstellung von Unterlagen benutzt werden.) Dieses Verfahren mußte jedoch noch den Streuwert der auf den Kennzahlweg überlaufenden Verkehrsreste vernachlässigen. Dadurch wären die Kennzahlwege u. U. zu knapp bemessen worden. Ein drittes, neues Verfahren wurde 1964 vorgeschlagen. Dieses Verfahren [3] übernimmt die in [2] enthaltenen Verbesserungen und berücksichtigt außerdem den Streuwert der hinter den Querleitungsbündeln überlaufenden Verkehrsreste und dessen Einfluß auf die Verluste nachfolgender Zweitewege oder Kennzahlwege. Das Verfahren beruht auf einer *Streuwerttheorie unvollkommener Bündel*, die erstmals in [4, 5] veröffentlicht wurde. Nachdem die Theorie durch Tabellenwerke und zugehörige Diagramme ergänzt wurde [z. B. 6, 7] ist das Verfahren auch für den in der Planung tätigen Fernmeldeingenieur einfach und ohne zeitraubende Rechenarbeit anwendbar (siehe auch [8]).

Zunächst sollen die Grundgedanken dieses neuen „Streuwertverfahrens für unvollkommene Bündel“ erläutert werden. Anschließend werden dann die zur Diskussion stehenden drei Verfahren kurz beschrieben und ihre wesentlichen Unterschiede erläutert. Schließlich wird anhand von Beispielen gezeigt, wie das neue Verfahren zur wirtschaftlich optimalen Bemessung von Wählnetzen in der täglichen Praxis der Deutschen Bundespost anwendbar ist.

## 2. Erläuterung des Streuwertverfahrens für unvollkommene Bündel

Bei der Bemessung eines vollkommen erreichbaren Sekundärbündels, dem Streuwertverkehr angeboten wird, sucht man (vgl. [9, 10, 11]) ein vollkommenes Ersatz-Primärbündel mit  $N^*$  Leitungen, das den gleichen Überlaufrest  $\bar{R}$  liefert und den gleichen Streuwert  $\bar{D}$ , wie die verschiedenen, in Wirklichkeit vorhandenen Primärbündel zusammen (s. Bild 1).  $\bar{R}$  ist also die Summe der Verkehrsreste  $R_{11}, R_{12}$  usw., die von den einzelnen Primärbündeln überlaufen, und  $\bar{D}$  die Summe der Streuwerte.

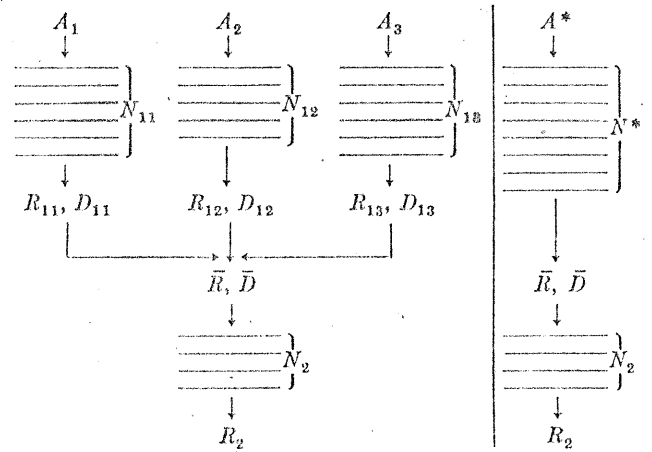


Bild 1. Ersatz von drei vollkommen erreichbaren Primärbündeln mit den Angeboten  $A_1, A_2$  und  $A_3$  durch ein für die Berechnung geeignetes „Ersatz-Primärbündel“ mit dem Angebot  $A^*$  und der Leitungszahl  $N^*$ , welches den gleichen Überlaufverkehr  $(\bar{R}, \bar{D})$  an das nachfolgende, vollkommen erreichbare Sekundärbündel anbietet

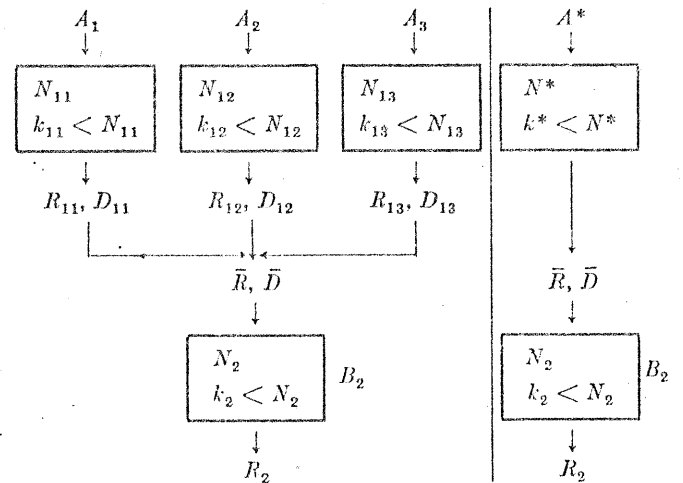


Bild 2. Ersatz von drei unvollkommen erreichbaren Primärbündeln mit den Angeboten  $A_1, A_2$  und  $A_3$  durch eine unvollkommen erreichbare „Ersatz-Primärbündel“ (EPM) mit einem Angebot  $A^*$ , der Leitungszahl  $N^*$  und einer Erreichbarkeit  $k^* < N^*$ , welche den gleichen Überlaufverkehr  $(\bar{R}, \bar{D})$  an ein unvollkommen erreichbares Sekundärbündel  $(N_2, k_2, B_2)$  anbietet

Für unvollkommene Bündel verwendet das neue Verfahren sinngemäß eine Ersatz-Primär-Mischung (EPM) mit dem Ersatzangebot  $A^*$ , der Leitungszahl  $N^*$  und der Erreichbarkeit  $k^*$ , die ebenfalls das Wertepaar  $(\bar{R}, \bar{D})$  des wirklichen Summenüberlaufverkehrs aller Primärbündel liefert (s. Bild 2).

Bei geeignetem Mischungsverhältnis dieser Ersatz-primärbündel kann man sie zusammen mit der Mischung des Sekundärbündels als eine Gesamtmischung der Erreichbarkeit  $(k^* + k_2)$  betrachten [4, 5]. Für diese Gesamtmischung kann man dann den Verkehrsrest  $R_2$  wie üblich berechnen; es ist

$$R_2 = A^* \cdot B_{ges}$$

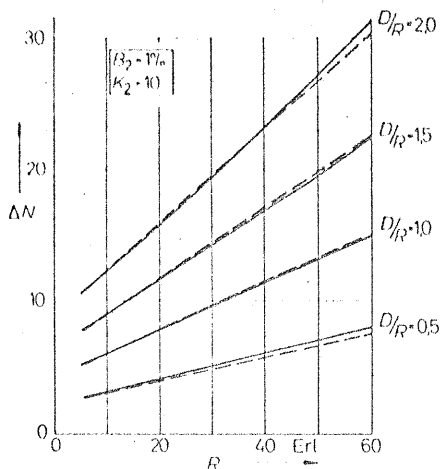


Bild 3a. Der Leitungsmehrbedarf  $\Delta N$  einer Mischung mit der Erreichbarkeit  $k_2 = 10$  und dem Verlust  $B_2 = 1\%$ , wenn anstelle von Zufallsverkehr ein Überlaufverkehr mit dem gleichen Mittelwert  $R$  und einem Streuwert  $D > 0$  angeboten wird  
 — exakte Werte  
 - - - - Näherung nach Gleichung (1)

$k_2 = 10, B_2 = 1\%$

$N \backslash R$	0	.....	0,9	1,0	1,1	...
..	..	.....	..	..	..	...
..	..	.....	..	..	..	...
25	13,3	.....	10,0	9,7	9,4	...
26	13,9	.....	10,6	10,2	9,9	...
27	14,5	.....	11,1	10,8	10,5	...
28	15,2	.....	11,6	11,3	11,0	...
29	15,8	.....	12,2	11,9	11,5	...
30	16,4	.....	12,8	12,4	12,1	...
..	..	.....	..	..	..	...
..	..	.....	..	..	..	...

Bild 3b. Beispiel einer Tabelle für die Leitungsbeurteilung im Kennzahlweg

Damit liegt auch der Verlust des Sekundärbündels fest

$$B_2 = \frac{R_2}{\bar{R}}$$

Ist der Verlust  $B_2$  des Sekundärbündels (z. B. des Kennzahlweges) vorgeschrieben, so muß die zugehörige Leitungszahl  $N_2$  gesucht werden. Dieser Leitungsbedarf eines Bündels mit bekannter Erreichbarkeit  $k_2$  und vorgeschriebenem Verlust  $B_2$  ist aber im Falle angebotenen Streuwertverkehrs ( $\bar{R}, \bar{D}$ ) um eine Anzahl  $\Delta N$  von Leitungen größer als bei einem angebotenen Zufallsverkehr  $A$  gleichen Mittelwerts ( $A = \bar{R}$ ).

In Bild 3a ist dieser Leitungsmehrbedarf  $\Delta N$  aufgetragen als Funktion des angebotenen Restverkehrs  $R$  und mit dem relativen Streuwert  $D/R$  als Parameter, hier z. B. für  $k_2 = 10, B_2 = 1\%$ . Diese Kurven verlaufen fast geradlinig und können deshalb gut durch Geradengleichungen approximiert werden. Man erhält folgende einfache und recht genaue Formel:

$$\Delta N = \frac{\bar{D}}{\bar{R}} \cdot (C_1 \cdot (\bar{R} - 20) + C_2) \quad (1)$$

Die Koeffizienten  $C_1$  und  $C_2$  in Gleichung (1) sind Funktionen der Erreichbarkeit  $k_2$  und des Verlustes  $B_2$  im Sekundärbündel.

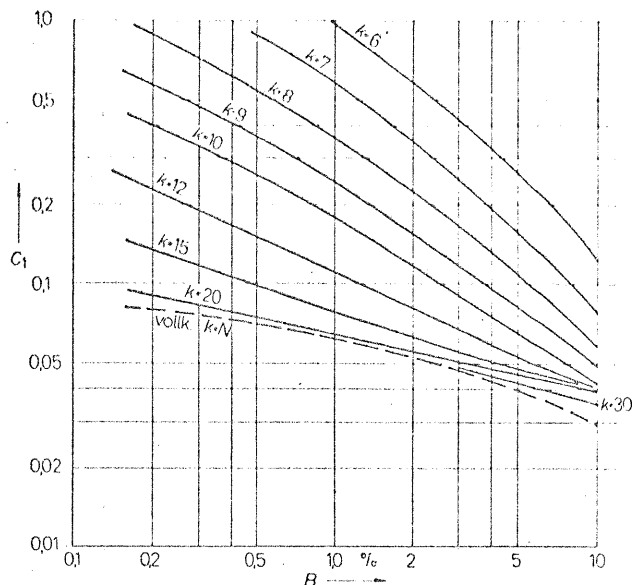


Bild 4. Der Koeffizient  $C_1$  in Gleichung (1) als Funktion der Erreichbarkeit  $k$  und des vorgeschriebenen Verlustes  $B$  des zu bemessenden Sekundärbündels

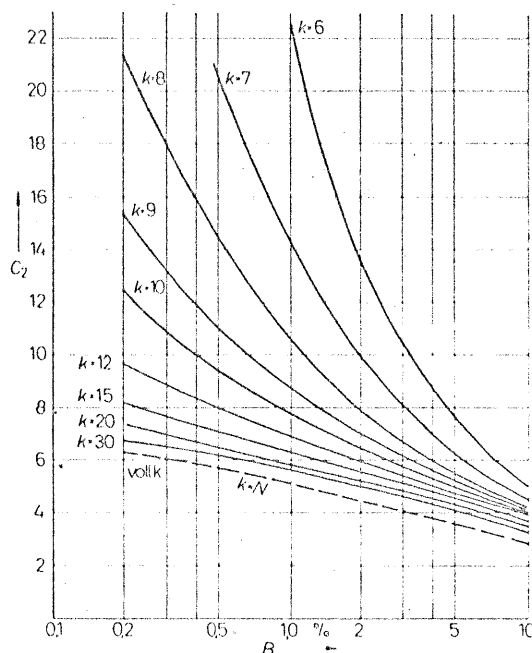


Bild 5. Der Koeffizient  $C_2$  in Gleichung (1) als Funktion der Erreichbarkeit  $k$  und des vorgeschriebenen Verlustes  $B$  des zu bemessenden Sekundärbündels

In Bild 4 ist  $C_1$  als Funktion des Verlustes  $B_2$  mit der Erreichbarkeit  $k_2$  als Parameter aufgetragen. Der Koeffizient  $C_1$  nimmt ab mit wachsendem Verlust  $B_2$  und außerdem bei wachsender Erreichbarkeit  $k_2$ .

Der Koeffizient  $C_2$  zeigt grundsätzlich dieselbe Tendenz (Bild 5). Das bedeutet, daß auch der Leitungsmehrbedarf  $\Delta N$  — bei gleichem Verkehrsangebot  $\bar{R}$  und gleichem Streuwert  $\bar{D}$  — um so kleiner wird, je größer die Erreichbarkeit  $k_2$  und je größer der Verlust  $B_2$  wird.

Die einfache Anwendung in der Praxis soll nun an einem Beispiel gezeigt werden:

- Es sei
- $\bar{R} = 10,86$  Erlang,
  - $\bar{D} = 9,81$ ,
  - $k_2 = 10$ ,
  - $B_2 = 1\%$ .

Damit erhält man aus den Diagrammen (Bild 4 und 5)

$$C_1 = 0,181,$$

$$C_2 = 7,8.$$

Setzt man diese Werte in die Gleichung (1) ein, so erhält man:

$$\Delta N = 5,5.$$

Für häufig vorkommende Wertepaare ( $k_2, B_2$ ) kann man  $\Delta N$  auch aus einem Diagramm nach der Art von Bild 3 a ablesen.

Aus den üblichen Leitungszahl-Tabellen [7, 11] für Zufallsverkehr entnimmt man

$$N_{2\text{ zuf}} = 21 \text{ Leitungen.}$$

Damit ist

$$N_2 = N_{2\text{ zuf}} + \Delta N = 26,5 \quad (2)$$

also (aufgerundet)

$$N_2 = 27 \text{ Leitungen.}$$

Noch einfacher wird die Berechnung der Leitungszahl  $N_2$ , wenn man die Gleichung (1) benutzt, um für alle häufig vorkommenden Wertepaare ( $k_2, B_2$ ) Tabellen nach der Art von Bild 3 b zu berechnen. Die Leitungszahl  $N_2$  kann damit für gegebene Werte ( $k_2, B_2, \bar{R}, \bar{D}/\bar{R}$ ) direkt abgelesen werden.

Man wird sich nun fragen, ob die Verkehrsgüte wirklich stark beeinträchtigt wird, wenn man — wie bisher in vielen Fällen — den Zuschlag  $\Delta N$ , d. h. den Streuwert des angebotenen Überlaufverkehrs, vernachlässigt. Die Antwort gibt uns Bild 6.

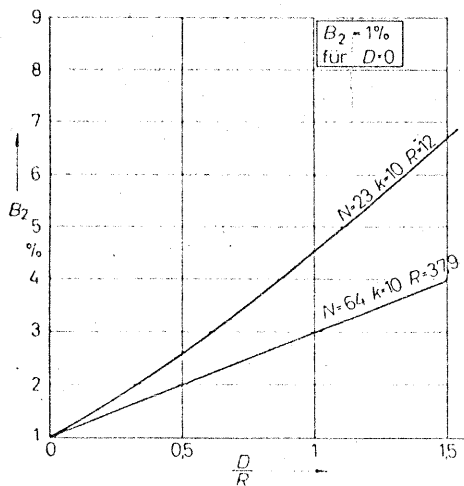


Bild 6. Der tatsächliche Verlust  $B_2$ , der entsteht, wenn eine Mischung für Zufallsverkehr und  $B_2 = 1\%$  bemessen wird, jedoch in Wirklichkeit ein Überlaufverkehr mit  $D/R > 0$  angeboten wird (am Beispiel zweier Leitungsbündel mit  $k = 10, N = 23, R = 12$  Erl. bzw.  $k = 10, N = 64, R = 37,9$  Erl.)

Hier ist für zwei Beispiele der Verlustanstieg aufgetragen, der bei Tabellenbemessungen für  $B_2 = 1\%$  entsteht, wenn man den Streuwert vernachlässigt. Z. B. werde einem Bündel von  $N_2 = 23$  Leitungen mit der Erreichbarkeit  $k_2 = 10$  ein Überlaufverkehr  $R = 12$  Erlang angeboten mit einem relativen Streuwert  $D/R = 1$ . Dieses Bündel hat in Wirklichkeit einen Verlust von etwa 4,5% statt 1%, wenn es ohne Berücksichtigung des Streuwertes bemessen wurde.

In ungünstigen Fällen kann der Verlust noch weit höher ansteigen.

### 3. Die drei Verfahren zur wirtschaftlich optimalen Netzbemessung

Diese Verfahren sind:

- a) das Verfahren der DBP (1955)
- b) das Verfahren von E. Hoffmann (1962)
- c) das Verfahren von R. Schehrer (1964).

Bei der Landesfernwahl der DBP wird ein Teil des Fernsprechkverkehrs über Querleitungsbündel (QL-Bündel) geführt, die Verkehrsreste laufen auf einen Kennzahlweg (KZW) über.

Die Leitungen des KZW sollen um den sog. Kostenfaktor  $q$  teurer sein als die Leitungen in den Querwegen.

Die normierten Gesamtkosten der  $N_2$ -Leitungen im KZW und der  $N_1$ -Leitungen in einem der QL-Bündel betragen also jeweils

$$G = N_1 + q \cdot N_2. \quad (3)$$

Die Aufgabe besteht nun darin, die Leitungszahlen in den Querwegen und im KZW so zu wählen, d. h. den Verkehr so auf die Querwege und den KZW aufzuteilen, daß diese Kosten  $G$  jeweils ein Minimum werden. Für den KZW wird dabei ein bestimmter Verlust vorgeschrieben, z. B.  $B_2 = 1\%$  oder  $0,1\%$ .

Das gesuchte Kostenminimum bestimmt man, indem man die Kostengleichung differenziert und die Ableitung gleich Null setzt. Man bildet also

$$\frac{dG}{dN_1} = 1 + q \cdot \frac{dN_2}{dN_1}. \quad (4)$$

Führt man die Differentiation durch, so erhält man

$$\frac{dG}{dN_1} = 1 - q(1 - B_2) \cdot \frac{\frac{dy_1}{dN_1}}{\frac{dy_2}{dN_2}} = 0. \quad (5)$$

Umgeformt ergibt sich

$$\frac{dy_1}{dN_1} = \frac{1}{q} \cdot \frac{1}{1 - B_2} \cdot \frac{dy_2}{dN_2}. \quad (6)$$

Der Verlust  $B_2$  ist klein gegenüber 1 und darf deshalb in der Regel vernachlässigt werden. Da die üblichen Tabellen keine gebrochenen Leitungszahlen enthalten, arbeitet man in der Praxis mit Differenzenquotienten, also z. B. mit  $\Delta y_1 / \Delta N_1$ . Man setzt  $\Delta N_1 = \Delta N_2 = 1$  und erhält schließlich die Bemessungsvorschrift

$$\Delta y_1 = \frac{\Delta y_2}{q}. \quad (7)$$

Es bedeuten:

$\Delta y_1$  die Änderung des Verkehrs  $y_1$  im QL-Bündel bei Anfügen einer weiteren Leitung, bei konstantem Angebot, und

$\Delta y_2$  die Zunahme des Verkehrs  $y_2$  im KZW, wenn man dort eine weitere Leitung anfügt, und zwar bei konstantem, fest vorgeschriebenem Verlust  $B_2$ .

Die Leitungszahlen sind also so zu bestimmen, daß die Gleichung (7) erfüllt ist. Streng genommen hängt der Wert  $\Delta y_2$  u. a. von der Bündelgröße im KZW ab, die

noch berechnet werden muß. Deshalb wäre eigentlich eine Iteration erforderlich. Um aber diese Iteration zu vermeiden, gibt man für  $\Delta y_2$  einen Näherungswert fest vor. Damit berechnet man  $\Delta y_1$  nach Gleichung (7). Mit dem Angebot  $A$  bestimmt man nun die Leitungszahl  $N_1$  so, daß der Verkehrszuwachs bei Erweiterung um eine weitere QL gerade diesen Wert  $\Delta y_1$  hat. Mit diesem Wert  $N_1$ , der Erreichbarkeit  $k_1$  und dem Angebot  $A$  liegt der auf den KZW überlaufende Verkehrsrest  $R$  und sein Streuwert  $D$  fest.

Dieser Rechnungsgang ist bei allen drei Verfahren im Prinzip gleich. Die Unterschiede liegen in den Näherungen, die jeweils gemacht wurden, um die Verfahren in der Praxis einfach anwenden zu können. Bild 7 zeigt dies in einer Übersicht.

Verfahren	Verkehrszuwachs im QL-Bündel $\Delta y_1 = (y_{N_1+1} - y_{N_1})$ bei konstantem Angebot $A$	Verkehrszuwachs im KZW $\Delta y_2 = (y_{N_2+1} - y_{N_2})$ bei konstantem Verlust $B_2$	Bemessung des Kennzahlweges (Letztweges)
DPB 1965 [1]	Näherung bei unvollkommenen Bündeln	hoher konstanter Schätzwert $\Delta y_2 = 50/60$ Erl.	für Zufallsverkehr
Hoffmann 1962 [2]	exakt für vollk. und unvollk. Bündel	$\Delta y_2 = f(k_2)$	für Zufallsverkehr
Schehrer 1964 [3]	exakt für vollk. und unvollk. Bündel	Näherungswert $\Delta y_2 = f(\bar{D}/\bar{R}, k_2)$	für wirkl. Streuwertverkehr

Bild 7. Gegenüberstellung von Verfahren zur wirtschaftlichen Bündelbemessung in Netzen mit Leitweglenkung

Wir betrachten zunächst den Verkehrszuwachs  $\Delta y_1$  im QL-Bündel. Das Verfahren der DBP benützt hierfür bei unvollkommenen Bündeln einen Näherungswert. Die beiden anderen Verfahren rechnen bei vollkommenen und unvollkommenen Bündeln mit exakten Werten  $\Delta y_1$ .

Als Schätzwert für den Verkehrszuwachs  $\Delta y_2$  wird beim Verfahren der DBP in allen Fällen der Wert 0,83 Erlang verwendet. Dieser Wert stellt nur bei vollkommenen Bündeln eine gute Näherung dar.

Die Verfahren von Hoffmann bzw. der DBP behandeln den Überlaufverkehr rechnerisch wie Zufallsverkehr. Das neue Verfahren von Schehrer unterscheidet sich vom Hoffmann-Verfahren durch die Berücksichtigung des Streuwerts. Außer bei der Bemessung der Leitungszahl  $N_2$  im Kennzahlweg geht der Streuwert  $D$  des Überlaufverkehrs auch noch ein in den Schätzwert für  $\Delta y_2$  und damit in  $N_1$ . Die Streuwert-Berücksichtigung im allgemeinen Fall  $k \leq N$  bei QL-Bündeln und im Kennzahlweg ist erst jetzt möglich durch das in Abschnitt 2 beschriebene Streuwertverfahren für unvollkommene Bündel [4, 5, 6, 7].

4. Das neue Verfahren (mit Beispielen)

Das neue Verfahren soll zunächst an folgendem Beispiel näher beschrieben werden (siehe Bild 8):

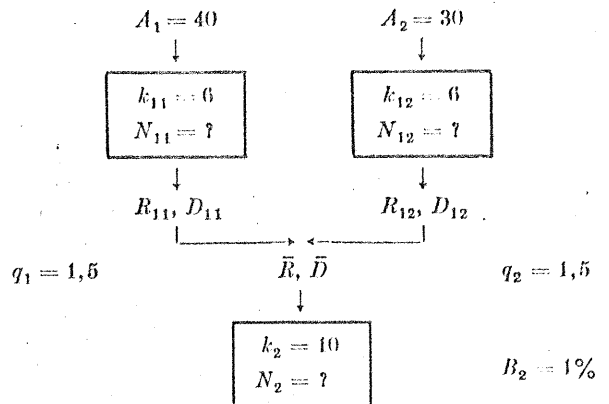


Bild 8. Gruppierung des in Abschnitt 4 behandelten Rechenbeispiels

Es seien 2 QL-Bündel mit der Erreichbarkeit  $k_{11} = k_{12} = 6$  gegeben, denen Zufallsverkehr von  $A_1 = 40$  bzw.  $A_2 = 30$  Erlang angeboten wird. Die Erreichbarkeit im Kennzahlweg soll  $k_2 = 10$  betragen. Der Kostenfaktor sei in beiden Fällen  $q_1 = q_2 = 1,5$ . Gesucht sind die wirtschaftlichsten Leitungszahlen  $N_{11}$  und  $N_{12}$  in den QL-Bündeln und die Leitungszahl  $N_2$  des Kennzahlweges.

Zur Bestimmung der Leitungszahl eines QL-Bündels ist in 2 Tabellen je eine Ablesung nötig:

		Schätzwerte $\Delta y_2$			$B_2 = 1\%$
$k_2 \backslash k_1$		6	10	20	vollk.
0		0,46	0,63	0,75	0,85
6		0,33	0,55	0,68	0,78
10		0,27	0,52	0,66	0,76
20		0,18	0,51	0,65	0,75
vollk.		—	0,48	0,62	0,72

Bild 9. Tafel zum Ablesen des Verkehrszuwachses  $\Delta y_2$  in einem Kennzahlweg (Letztweg) mit vorgeschriebenem Verlust  $B_2 = 1\%$

$k_1$  = Erreichbarkeit des Primärbündels  
 $k_2$  = Erreichbarkeit des Letztweges

Die 1. Tabelle enthält die Schätzwerte  $\Delta y_2$  (Bild 9). Mit  $k_1 = 6$  und  $k_2 = 10$  liest man ab:

$$\Delta y_2 = 0,55.$$

Diese einfache Tabelle beruht auf der Tatsache, daß  $\Delta y_2$  im wesentlichen abhängt von der Erreichbarkeit  $k_2$  und vom relativen Streuwert des Überlaufverkehrs, aber fast nicht von der Leitungszahl  $N_2$ . Da ferner der relative Streuwert  $D/R$  fast nur von  $k_1$  und nur schwach von  $N_1$  abhängt, ist in dieser Tabelle der Wert  $\Delta y_2$  nur als Funktion von  $k_1$  und  $k_2$  angegeben. Mit dem obigen Ablesewert von  $\Delta y_2$  erhalten wir:

$$\Delta y_1 = \frac{\Delta y_2}{q} = \frac{0,55}{1,5} = 0,367.$$

Mit diesem Wert von  $\Delta y_1$  und dem Angebotswert  $A$  geht man in die sogenannte Querweg-Tafel (Bild 10).

Querwerttafel			$k_1 = 6$			
$\Lambda$	$Ay_1$	....	0,34	0,36	0,38	...
..	.	....	...	...	...	...
..	.	....	...	...	...	...
30	$N_1$	....	38	36	35	...
	$R_1$	....	4,19	4,89	5,27	...
	$D_1$	....	3,80	4,45	4,77	...
..	.	....	...	...	...	...
..	.	....	...	...	...	...
40	$N_1$	....	50	49	48	...
	$R_1$	....	5,61	5,97	6,33	...
	$D_1$	....	5,19	5,36	5,86	...
..	.	....	...	...	...	...
..	.	....	...	...	...	...

Bild 10. Ausschnitt aus der Querwerttafel für  $k_1 = 6$

Dort liest man ab

für  $Ay_1 = 0,36$  und

für  $A_1 = 40$ :  $N_{11} = 49$ ,  $R_{11} = 5,97$ ,  $D_{11} = 5,36$ ,

desgleichen

für  $A_2 = 30$ :  $N_{12} = 36$ ,  $R_{12} = 4,89$ ,  $D_{12} = 4,45$ .

Damit sind die Leitungszahlen der QL-Bündel bekannt.

Beim bisherigen Verfahren der DBP müssen anstelle dieser einen Querwerttafel noch 2 Tafeln abgelesen werden, eine Tabelle für die Leitungszahlen  $N_1$  und eine weitere Tabelle für die Verkehrsreste.

Zur Bestimmung der Leitungszahl  $N_2$  addiert man die Reste und die Streuwerte (s. o.) und erhält:

$$\bar{R} = R_{11} + R_{12} = 10,86 \text{ Erlang,}$$

$$\bar{D} = D_{11} + D_{12} = 9,81.$$

Die Leitungszahl  $N_2$  für diese Werte und für  $k_2 = 10$  sowie für  $B_2 = 1\%$  wurde schon in dem Beispiel von Abschnitt 2 berechnet: Es wurde zu dem Wert  $N_{2 \text{ zuf}}$  (für Zufallsverkehr) ein Zuschlag  $AN$  addiert. Dieser Zuschlag  $AN$  war entweder nach der Gleichung (1) zu berechnen oder aus einem Diagramm (Bild 3a) abzulesen. Die Leitungszahl im Kennzahlweg ist demnach  $N_2 = 27$ . Damit sind nun alle gesuchten Leitungszahlen bekannt:

$$N_{11} = 49, \quad N_{12} = 36, \quad N_2 = 27.$$

Die nachstehende Übersicht vergleicht die Ergebnisse der Leitungsbemessung nach den beschriebenen drei Verfahren:

Verfahren	$N_{11}$	$N_{12}$	$N_2$	$N_{\text{ges}}$	$G_{\text{ges}}$
DBP	60	44	16	120	128
Hoffmann	45	33	26	104	117
Schehrer	49	36	27	112	125,5

Das Verfahren von Hoffmann liefert kleinere Leitungszahlen als das neue Verfahren, weil es den Streuwert vernachlässigt. Das Verfahren der DBP kann je nach Fall größere oder kleinere Leitungszahlen liefern; in diesem Beispiel sind die Leitungszahlen etwas zu groß.

In obigem Beispiel waren die Erreichbarkeit  $k_1$  und die Kostenfaktoren  $q$  bei allen QL-Bündeln gleich groß.

Im folgenden soll der Fall betrachtet werden, daß die Kostenfaktoren  $q$  und die Erreichbarkeiten der einzelnen QL-Bündel verschieden sind. Es sei z. B.:

$k_{11} = 6$ ,  $k_{12} = 10$ ; für einen Grundverkehr  $A_3$ , der ohne QL-Bündel direkt dem Kennzahlweg angeboten wird, ist  $k_{13} = 0$ . Da diese drei Erreichbarkeiten verschieden sind, erhält man in der jeweiligen  $k_2$ -Spalte von Tabelle 1 (Bild 9) drei verschiedene Werte  $Ay_2$  und muß einen Mittelwert bilden. Liegen diese Werte nicht weit auseinander, so wird man den arithmetischen Mittelwert bilden, entweder durch Rechnung oder noch einfacher durch Schätzung. Weichen die aus der Tabelle abgelesenen Werte stärker voneinander ab, so nimmt man zweckmäßig einen gewogenen Mittelwert, und zwar bezüglich der Verkehrsreste  $R_{11}$ ,  $R_{12}$  usw. Mit einem geschätzten Verlust in den QL-Bündeln von  $B_1 \approx 20\%$  erhält man auf diese Weise

$$Ay_2 = \frac{0,2 \cdot (A_1 \cdot Ay_{21} + A_2 \cdot Ay_{22}) + A_3 \cdot Ay_{23}}{0,2 \cdot (A_1 + A_2) + A_3}$$

Mit diesem Wert  $Ay_2$  erhält man jetzt

$$Ay_{11} = \frac{Ay_2}{q_1} \quad \text{und} \quad Ay_{12} = \frac{Ay_2}{q_2}$$

Aus der Querwerttafel entnimmt man die Leitungszahlen der QL-Bündel und die zugehörigen Verkehrsreste und Streuwerte, jeweils in der entsprechenden Tafel für  $k_1 = 6$  und  $k_1 = 10$ .

Die Leitungszahl im KZW wird in gleicher Weise bestimmt wie zuvor. Dabei ist

$$\bar{R} = (R_{11} + R_{12} + A_3) \text{ Erlang}$$

und

$$\bar{D} = (D_{11} + D_{12} + 0).$$

### 5. Zusammenfassung

Das 1955 eingeführte Verfahren der DBP, in geringerem Maße auch das Verfahren von E. Hoffmann, enthalten noch Näherungen, die jetzt vermieden werden können.

Das vorgeschlagene neue Verfahren zur streuwertgerechten wirtschaftlichen Optimierung der Größe der QL-Bündel wie auch der Leitungsbündel in den Kennzahlwegen (Letztwegen) ist ähnlich einfach zu handhaben wie die bisherigen Bemessungsrichtlinien der Bundespost. Es erlaubt jedoch eine wesentlich genauere Leitungsbemessung nach den Grundsätzen einer wirtschaftlich optimalen Netzgestaltung und ermöglicht dadurch Ersparnisse im öffentlichen Fernleitungsnetz.

### Schrifttumsverzeichnis

- [1] Bemessungsrichtlinie des Fernmeldetechnischen Zentralamts der DBP vom 8. 12. 1958.
- [2] E. Hoffmann: Bemessung von Querleitungsbündeln in Nachrichtennetzen mit Leitweglenkung. Siemens-Z. 36 (1962), S. 532.
- [3] R. Schehrer: Die Berücksichtigung des Streuwerts bei der Bemessung von Querwegen und Kennzahlwegen in der Landesfernwahl. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Techn. Hochschule Stuttgart, 1964.
- [4] A. Lotze: A Traffic Variance Method for Gradings of Arbitrary Type
  - a) ITC London 1964, Document No. 8/80.
  - b) Post Off. Telecommun. J., Spec. Issue, Rep. of the Proc. of the Fourth Internat. Teletraffic Congr., London 1964, S. 50.

- [5] U. Herzog: Näherungsverfahren zur Berechnung des Streuwerts von Überlaufverkehr hinter Mischungen. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Techn. Hochschule Stuttgart, 1964.
- [6] A. Lotze: Tabellen für Streuwert und Verlust von einstufigen Koppelanordnungen mit unvollkommener und vollkommener Erreichbarkeit. Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Techn. Hochschule Stuttgart, 1964.
- [7] A. Lotze: Tabellen für Streuwerte  $D$  und Überlaufverkehr  $R$  von einstufigen Koppelanordnungen mit unvollkommener Erreichbarkeit; Berechnung von Sekundärbündeln für angebotenen Überlaufverkehr ( $R, D$ ). Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung der Techn. Hochschule Stuttgart, 1965.
- [8] U. Herzog und A. Lotze: Das RDA-Verfahren, ein Streuwertverfahren für unvollkommene Bündel. Nachrichtentechn. Z. 19 (1966), S. 640.
- [9] R. I. Wilkinson und J. Riordan: Theories for Toll Traffic Engineering in the USA, 1. ITC 1955 Copenhagen. Bell System techn. J. 44 (1955), S. 514.
- [10] G. Bretschneider: Die Berechnung von Leitungsgruppen für überfließenden Verkehr in Fernsprechwävlanlagen. Nachrichtentechn. Z. 9 (1956), S. 530.
- [11] H. Wahl: Die Anwendung des Streuwertverfahrens bei der Planung von Fernsprechanlagen. Siemens-Z. 33 (1959), S. 17.
- [12] Tabellen für Planung und Betrieb von Fernsprechanlagen. Siemens & Halske AG, 1961.

(Eingeg.: 18. März 1966)