

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 93 (1975)
Heft: 3

Artikel: Die Kostenzurechnung bei Mehrzweckprojekten
Autor: Vischer, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72659>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

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

Die Kostenzurechnung bei Mehrzweckprojekten

Von Prof. Dr. D. Vischer, Zürich

DK 626:657.471.7

Bei Projekten, die mehreren Zwecken dienen – und die darum als Mehrzweckprojekte bezeichnet werden können – stellt sich die Frage der Kostenzurechnung (*cost allocation*): Wie sind die Kosten eines Mehrzweckprojektes den verschiedenen Zwecken anzulasten? Die gleiche Frage wird bei Gemeinschaftsanlagen aufgeworfen: Wie sind die Kosten einer Gemeinschaftsanlage auf die beteiligten Partner aufzuteilen? Diese Frage kann am besten behandelt werden, wenn nacheinander folgende Teilfragen gestellt und beantwortet werden:

1. Welche Kosten sollen verteilt werden?
2. Kann ein Teil dieser Kosten unmittelbar zugerechnet werden?
3. Welche Zurechnungsschlüssel kommen in Frage?
4. Gibt es eine Standardlösung?

Dementsprechend ist auch der nachstehende Text gegliedert. Zum besseren Verständnis wird ein konkretes Beispiel aus der Wasserwirtschaft mitgeführt.

1. Die Gesamtkosten

Jedes Projekt – und damit auch ein Mehrzweckprojekt – zeitigt, falls es verwirklicht wird, eine Reihe von Auswirkungen. Je nachdem, ob diese von den Trägern als positiv oder negativ gewertet werden, erscheinen sie in deren Sicht als Nutzen oder Kosten; die neutralen Auswirkungen werden ausser acht gelassen. Zu den Nutzen oder Kosten gehören

- Geldwerte
- mit Geld messbare Werte
- mit Geld nicht messbare Werte.

Eine gerechte Kostenzurechnung muss alle drei Kategorien berücksichtigen. In die eigentliche Rechnung können aber naturgemäss nur die beiden ersten eingehen. Die letzte entzieht sich der Quantifizierung, weshalb man auch von nicht quantifizierbaren oder intangiblen Werten (*intangible values*) spricht.

Die Veranschlagung der Geldwerte oder der mit Geld messbaren Werte nach Betrag und Fälligkeit führt zur Prognose der sogenannten Zahlungsströme (*cash flows*). Diese werden gewöhnlich in eine Reihe von Ein- und Auszahlungen zerlegt. Um sie aufzusummieren, müssen die Regeln der Auf- und Abzinsung beachtet werden.

Als *Gesamtkosten* eines Mehrzweckprojektes wird im folgenden entweder der Barwert der Auszahlungsreihe verstanden, oder allenfalls die zugehörige Annuität [1]. Dementsprechend wäre der Gesamtnutzen oder *Gesamtertrag* als Barwert der Einzahlungsreihe, oder allenfalls auch als die zugehörige Annuität, zu definieren.

Gegenstand der Kostenteilung oder -zurechnung sind also die *Gesamtkosten*. Diese Feststellung schliesst nicht aus, dass sich die einzelnen Hauptpositionen der Gesamtkosten mit unterschiedlichen Zurechnungsmethoden aufteilen lassen. Beispielsweise ist es üblich, die Auszahlungsreihe gleichsam durch einen Schnitt in zwei Reihen zu zerlegen, welche die Anlage- und die Betriebskosten umfassen. Dementsprechend könnten allenfalls die Anlagekosten anders zugerechnet werden als die

Betriebskosten. Wenn sich die Zurechnungsmethoden nicht nach dem Ertrag richten, bietet dies auch keine Schwierigkeiten (Abschnitt 3).

2. Die unmittelbare Zurechnung

In vielen Fällen ist es sinnvoll, einen gewissen Teil der Gesamtkosten unmittelbar den einzelnen Zwecken zuzurechnen. Hierfür kommen in Frage: die *direkten Kosten* oder die *abtrennbaren Kosten*.

2.1 Die direkten Kosten

Die direkten Kosten beziehen sich auf Anlagen oder Aktivitäten, die eindeutig nur einem einzelnen Zweck dienen.

Beispiel: In Bild 1 ist die wasserwirtschaftliche Mehrzweckanlage eines Entwicklungslandes dargestellt. Sie dient der Bewässerung der Regionen A und B und dem Hochwasserschutz der Region C. Der Stausee kostet 60 Mio Fr., der Bewässerungskanal und die zugehörigen Bewässerungsnetze 15 Mio Fr. Die Gesamtkosten betragen folglich 75 Mio Fr. Offensichtlich muss das Bewässerungsnetz der Region A aber nur für den Zweck A erstellt und betrieben werden. Das gleiche gilt in bezug auf das Bewässerungsnetz in B für den Zweck B. Die entsprechenden Kosten von 2 und 3 Mio Fr. können somit direkt den Zwecken A und B belastet werden:

Gesamtkosten	75 Mio Fr.
direkte Kosten für A	2 Mio Fr.
direkte Kosten für B	3 Mio Fr.
indirekte Kosten	70 Mio Fr.

Die direkten Kosten können also den Zwecken unmittelbar angelastet werden. Der verbleibende Teil der Gesamtkosten, die sogenannten *indirekten Kosten*, muss nach anderen Gesichtspunkten verteilt werden (Abschnitt 3).

2.2 Die abtrennbaren Kosten

Die abtrennbaren Kosten entsprechen der Verteuerung des Mehrzweckprojektes durch den einzelnen Zweck.

Beispiel: Das bereits erläuterte wasserwirtschaftliche Mehrzweckprojekt würde ohne Bewässerung in A bloss 65 Mio Fr. kosten. Folglich verteuert der Zweck A das Mehrzweckprojekt um 10 Mio Fr. Diese 10 Mio Fr. sind somit die abtrennbaren Kosten des Zweckes A und können diesem Zweck unmittelbar angelastet werden.

Die abtrennbaren Kosten eines Zweckes können bestimmt werden, indem das Mehrzweckprojekt mit einem Alter-

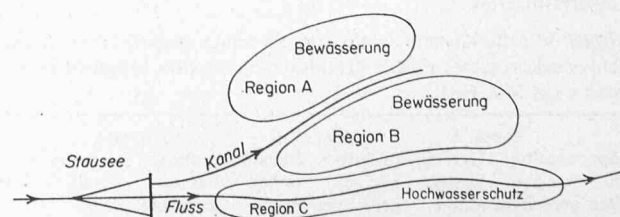


Bild 1. Schema einer wasserwirtschaftlichen Mehrzweckanlage in einem Entwicklungsland: Bewässerung der Regionen A und B und Hochwasserschutz der Region C

nativprojekt verglichen wird, das allen Zwecken ausser dem betrachteten dient. Werden sie für jeden Zweck ermittelt, kann man die Summe der abtrennbaren Kosten von den Gesamtkosten abziehen und erhält die *nichtabtrennbaren Kosten*, die nach anderen Gesichtspunkten verteilt werden müssen (Abschnitt 3).

Die *abtrennbaren* und *nichtabtrennbaren Kosten* ergeben sich wie folgt:

- K Kosten des Mehrzweckprojektes
- m Anzahl Zwecke des Mehrzweckprojektes
- $K_{(-i)}$ Kosten des Alternativprojektes, das allen Zwecken ausser dem Zweck i dient
- K_{ai} abtrennbare Kosten des Zweckes i
 $K - K_{(-i)}$
- K_a Summe der abtrennbaren Kosten aller Zwecke 1 bis m

$$K_a = \sum_{i=1}^m K_{ai}$$

K_n Nichtabtrennbare Kosten

$$K_n = K - K_a \text{ oder } K_n = \sum_{i=1}^m K_{(-i)} - K(m-1)$$

Beispiel: Für das betrachtete Mehrzweckprojekt werden drei Alternativprojekte untersucht und veranschlagt:

- ohne Bewässerung in A, mit Bewässerung in B, mit Hochwasserschutz in C: 65 Mio Fr.
 - mit Bewässerung in A, ohne Bewässerung in B, mit Hochwasserschutz in C: 50 Mio Fr.
 - mit Bewässerung in A, mit Bewässerung in B, ohne Hochwasserschutz in C: 65 Mio Fr.
- Gesamtkosten des Mehrzweckprojektes 75 Mio Fr.

abtrennbare Kosten des Zwecks A	10 Mio Fr.
abtrennbare Kosten des Zwecks B	25 Mio Fr.
abtrennbare Kosten des Zwecks C	10 Mio Fr.
nicht abtrennbare Kosten	30 Mio Fr.

3. Die Zurechnung der Gemeinkosten

In Abschnitt 2 wird gezeigt, wie allenfalls ein gewisser Teil der Gesamtkosten eines Mehrzweckprojektes unmittelbar den einzelnen Zwecken angelastet wird. Der verbleibende Teil umfasst demnach die Kosten, die sich nur mittelbar, d. h. anhand eines bestimmten *Zurechnungsschlüssels* verteilen lassen. Sie beziehen sich offenbar auf Anlagen und Aktivitäten, die innerhalb des Mehrzweckprojektes tatsächlich (oder doch scheinbar) allen Zwecken dienen. Sie werden deshalb als *Gemeinkosten* bezeichnet und sind fallweise identisch mit

- a) den Gesamtkosten
- b) den indirekten Kosten
- c) den nichtabtrennbaren Kosten.

Der *Gesamtkostenanteil* eines Zweckes besteht folglich grundsätzlich aus einem *unmittelbar zugerechneten Anteil* und einem *Gemeinkostenanteil*, gemäss den drei Fällen also aus

- a) dem Gesamtkostenanteil
- b) den direkten Kosten plus einem Anteil an den indirekten
- c) den abtrennbaren Kosten plus einem Anteil an den nicht-abtrennbaren.

Beispiel: Für die Kostenzurechnung des schon wiederholt erwähnten Mehrzweckprojektes gibt es grundsätzlich die drei Möglichkeiten a, b und c (in Mio Fr.):

Mög- lich- keiten	Zweck A		Zweck B		Zweck C		Total
	unmittel- bar zu- gerechnet	Gemein- kosten- anteil	unmittel- bar zu- gerechnet	Gemein- kosten- anteil	unmittel- bar zu- gerechnet	Gemein- kosten- anteil	
a	0	α 75	0	β 75	0	γ 75	75
b	2	α 70	3	β 70	0	γ 70	75
c	10	α 30	25	β 30	10	γ 30	75

Die Koeffizienten α , β , γ entsprechen irgendeinem Zurechnungsschlüssel. Dabei ist $\alpha + \beta + \gamma = 1$.

Wie kann nun der Gemeinkostenanteil bestimmt werden? D.h. welche Zurechnungsschlüssel kommen in Frage?

3.1 Zurechnungsschlüssel aufgrund nichtwirtschaftlicher Überlegungen

Die nichtwirtschaftlichen Überlegungen heben sich von den wirtschaftlichen (Unterabschnitt 3.2) nur dadurch ab, dass sie auf die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Zwecke innerhalb des Mehrzweckprojektes keine Rücksicht nehmen. In volkswirtschaftlicher Sicht mögen sie aber durchaus ihre Berechtigung haben.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit erheben zu wollen, sei auf folgende Zurechnungsschlüssel hingewiesen: Die Gemeinkosten können den einzelnen Zwecken angelastet werden

- 1) zu gleichen Teilen
- 2) proportional zur Bedeutung der Träger; bei Regionen beispielsweise zur Einwohnerzahl, zum Steuereinkommen usw.
- 3) proportional zu massgebenden Projektgrössen; bei wasserwirtschaftlichen Projekten beispielsweise zur bezogenen Wassermenge usw.
- 4) vollständig einem vorrangigen Zweck (Priorität).

Beispiel: Die Gesamtkosten des Mehrzweckprojektes sollen nach der Möglichkeit c auf die drei Zwecke Bewässerung in A, Bewässerung in B und Hochwasserschutz in C verteilt werden. D. h. als Gemeinkosten werden die nicht abtrennbaren Kosten betrachtet.

	A	B	C	Summe
abtrennbare Kosten	Mio Fr. 10	25	10	45
<i>Zurechnungsschlüssel 1: zu gleichen Teilen</i>				
Gemeinkostenanteil	10	10	10	30
Gesamtkostenanteil	20	35	20	75
<i>Zurechnungsschlüssel 2: proportional zur Einwohnerzahl der Regionen</i>				
Einwohnerverhältnis	3	5	4	12
Gemeinkostenanteil	7,5	12,5	10	30
Gesamtkostenanteil	17,5	37,5	20	75
<i>Zurechnungsschlüssel 3: proportional zum benötigten Stauseevolumen</i>				
Volumenverhältnis	1	2	5	8
Gemeinkostenanteil	3,75	7,5	18,75	30
Gesamtkostenanteil	13,75	32,5	28,75	75
<i>Zurechnungsschlüssel 4: vollständige Zurechnung dem vorrangigen Hochwasserschutz</i>				
Gemeinkostenanteil	0	0	30	30
Gesamtkostenanteil	10	25	40	75

Der Zurechnungsschlüssel 1, nach welchem die Gemeinkosten zu gleichen Teilen den verschiedenen Zwecken angelastet werden, ist offensichtlich nur geeignet, wenn entweder die Gemeinkosten gegenüber den unmittelbar zugerechneten Kosten (direkte Kosten oder abtrennbare Kosten) belanglos klein sind, oder die mit den Gemeinkosten veranschlagten Anlagen und Aktivitäten jedem Träger etwa in gleichem Masse zukommen.

Die Zurechnungsschlüssel 2 und 3 weisen den Vorteil auf, dass sie sich auf Verteilzahlen stützen, die von der Allgemeinheit zumeist besser verstanden werden als Zurechnungsschlüssel aufgrund von wirtschaftlichen Überlegungen. Ihr Nachteil ist aber der, dass es gerade bei Mehrzweckprojekten selten gelingt, solche charakteristischen Verteilzahlen zu finden. Der im Beispiel gewählte Anteil am Stauvolumen gäbe zweifellos einen guten Schlüssel ab, wenn bloss das Stauseeprojekt betrachtet würde. Da das Mehrzweckprojekt aber ausserdem ein Kanalprojekt umschliesst, ist ein solcher Schlüssel ungenügend.

Der Zurechnungsschlüssel 4 stützt sich auf eine angenommene *Priorität*. Eine solche lässt sich wohl nur begründen, wenn einer der Zwecke als Hauptzweck die anderen (als Neben-

zwecke oder gar Beiprodukte) weit überragt. Im betrachteten Beispiel ist dies hinsichtlich des Projektumfangs nicht der Fall; die Priorität des Hochwasserschutzes könnte sich aber aufgrund intangibler Werte (Schutz von Leib und Leben) aufdrängen.

3.2 Zurechnungsschlüssel aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen

Auch hier wird nur eine Auswahl von gängigen Lösungen angeführt: Die Gemeinkosten können den einzelnen Zwecken angelastet werden

- 5) proportional zur Differenz zwischen dem Aufwand für das alternative Einzweckprojekt und den unmittelbar zugerechneten Kosten
- 6) proportional zur Differenz zwischen dem Ertrag und den unmittelbar zugerechneten Kosten
- 7) proportional zur kleineren Differenz aus 5 und 6.

Beispiel: Für das betrachtete Mehrzweckprojekt werden im Hinblick auf den Zurechnungsschlüssel 5 die alternativen Einzweckprojekte untersucht, d.h. es werden folgende Kosten veranschlagt:

- nur Bewässerung in A: 19 Mio Fr.
- nur Bewässerung in B: 30 Mio Fr.
- nur Hochwasserschutz in C: 56 Mio Fr.

Ferner werden im Hinblick auf den Zurechnungsschlüssel 6 auch die Erträge ermittelt.

	A	B	C	Summe
Kosten des Einzweckprojektes	Mio Fr. 19	30	56	105
Ertrag	Mio Fr. 25	40	35	100
abtrennbare Kosten	Mio Fr. 10	25	10	45

Wenn die Gesamtkosten des Mehrzweckprojektes wiederum nach der Möglichkeit c verteilt werden sollen, ergibt sich folgendes Bild:

Zurechnungsschlüssel 5: proportional zur Differenz zwischen dem Aufwand für das alternative Einzweckprojekt und den abtrennbaren Kosten

Differenz	Mio Fr.	9	5	46	60
Gemeinkostenanteil	Mio Fr.	4,5	2,5	23	30
Gesamtkostenanteil	Mio Fr.	14,5	27,5	33	75

Zurechnungsschlüssel 6: proportional zur Differenz zwischen dem Ertrag und den abtrennbaren Kosten

Differenz	Mio Fr.	15	15	25	55
Gemeinkostenanteil	Mio Fr.	8,2	8,2	13,6	30
Gesamtkostenanteil	Mio Fr.	18,2	33,2	23,6	75

Zurechnungsschlüssel 7: proportional zur kleineren Differenz aus 5 und 6

Differenz	Mio Fr.	9	5	25	39
Gemeinkostenanteil	Mio Fr.	6,9	3,9	19,2	30
Gesamtkostenanteil	Mio Fr.	16,9	28,9	29,2	75

Beim Zurechnungsschlüssel 5 müssen die *alternativen Einzweckprojekte* ausgearbeitet und veranschlagt werden, was zeitraubend sein kann. Dafür braucht nicht auf die Veranschlagung des Ertrags eingegangen werden. Der Zurechnungsschlüssel 5 eignet sich demzufolge besonders für Mehrzweckprojekte, bei denen die Erfassung des Nutzens Schwierigkeiten bietet (intangible Werte usw.).

Der Zurechnungsschlüssel 6 beruht auf dem *Ertrag*. Er nutzt insbesondere den Umstand, dass ein dem Nutzen proportional gesetzter Kostenanteil als fair empfunden wird. Dies setzt allerdings voraus, dass sich dieser Nutzen mit einer allseits anerkannten Genauigkeit bestimmen lässt.

Eine interessante Anwendung des Zurechnungsschlüssels 6 stellt die sogenannte *Nutzenproportionalitätsmethode* dar. Bei ihr werden – entsprechend der Möglichkeit a – die Gesamtkosten proportional zum Ertrag verteilt. Auf diese Weise wird jedem Zweck das gleiche Ertrags-Aufwands-Verhältnis (Nivelierung des Ertrags je Franken Aufwand) zugeordnet.

Beispiel: Beim wasserwirtschaftlichen Mehrzweckprojekt führt die Nutzenproportionalitätsmethode zu folgenden Gesamtkostenanteilen:

	A	B	C	Summe
Ertrag	Mio Fr. 25	40	35	100
Gesamtkostenanteil	Mio Fr. 18,75	30	26,25	75

Das Ertrags-Aufwandsverhältnis ist mit

$$\frac{25}{18,75} = \frac{40}{30} = \frac{35}{26,25} = \frac{100}{75} = 1,33$$

für die einzelnen Zwecke gleich wie für das Mehrzweckprojekt.

Der Zurechnungsschlüssel 7 versucht – wie noch in Abschnitt 4 gezeigt wird – gewisse Vorteile der Zurechnungsschlüssel 5 und 6 zu vereinen.

4. Die Bewertung der Kostenzurechnungsmethoden

Um es gleich vorwegzunehmen: Es gibt keine einzigartige Methode der Kostenzurechnung und somit *keine Standardlösung!* Es können höchstens einige mehr oder weniger plausible Methoden unterschieden werden.

Dies rührt daher, dass eine *gerechte* Kostenzurechnung neben den Geldwerten und den mit Geld messbaren Werten auch die nicht mit Geld messbaren berücksichtigen muss und damit gewisse subjektive Aspekte aufweist.

Deshalb soll die zur Anwendung gelangende Kostenzurechnung möglichst einfach gestaltet werden. Insbesondere sind ihre Grundsätze transparent zu halten, damit sie den Beteiligten unmittelbar einleuchten. Mit den hier beschriebenen drei Möglichkeiten für die Definition der Gemeinkosten und sieben Schlüssel für deren Aufteilung ergeben sich immerhin 21 Zurechnungsmethoden, was einen weiten Spielraum zulässt. Die entsprechende Matrix ist in Bild 2 dargestellt [2].

4.1 Wirtschaftliche Grundsätze

In wirtschaftlicher Hinsicht erscheinen für den Gesamtkostenanteil folgende Grundsätze als plausibel:

Grundsatz I: Der Gesamtkostenanteil sollte nicht kleiner sein als die *Verteuerung* des Mehrzweckprojektes durch den betrachteten Zweck.

Die Zurechnungsmethoden, die diesen Grundsatz von selbst gewährleisten, sind diejenigen, welche die abtrennbaren und nichtabtrennbaren Kosten unterscheiden. Sie sind in Bild 2 mit x gekennzeichnet (Kolonne c).

	Gemeinkosten		
	a	b	c
1			×
2			×
3			×
4			×
5	○	○	⊗
6	+	+	*
7	⊕	⊕	⊗

Bild 2. Matrix der Zurechnungsschlüssel. Die Zeichen x, o und + beziehen sich auf die Bewertung in Abschnitt 4.1

Grundsatz II: Der Gesamtkostenanteil sollte nicht grösser sein als der Aufwand für das alternative Einzweckprojekt.

Wenn dieser Grundsatz nicht beachtet wird, wird sich der Träger eines Zweckes kaum einem Mehrzweckprojekt anschliessen; d. h. er wird – sofern er kann – lieber das ihm dienliche Einzweckprojekt verwirklichen. Die Zurechnungsmethoden, die diese Grenzen implizite enthalten, sind diejenigen der Zeilen 5 und 7 in der Matrix von Bild 2; sie sind dort durch o hervorgehoben.

Grundsatz III: Der Gesamtkostenanteil sollte nicht grösser sein als der Ertrag.

Dieser Grundsatz legt fest, dass ein Zweck innerhalb des Mehrzweckprojektes wirtschaftlich verwirklicht werden soll. Er setzt dabei voraus, dass das Mehrzweckprojekt als Ganzes wirtschaftlich ist.

Die Zurechnungsmethoden, die diese Grenze berücksichtigen, finden sich in den Zeilen 6 und 7 von Bild 2 und sind mit + bezeichnet.

Aufgrund dieser wirtschaftlichen Grundsätze erweist sich die Zurechnungsmethode 7c als die plausibelste. Sie ordnet den Zwecken unmittelbar die abtrennbaren Kosten zu und teilt die nichtabtrennbaren Kosten derart auf, dass kein Träger *mehr* auslegen muss, als er im Alleingang (Einzweckprojekt) ausgeben müsste und als sein Ertrag erreicht. Diese Zurechnungsmethode erfreut sich deshalb einer zunehmenden, weltweiten Verbreitung [3].

4.2 Rechenaufwand

Selbstverständlich muss der Aufwand für die Kostenzurechnung in einem vertretbaren Rahmen bleiben. Deshalb wird

es sich nur für grosse Mehrzweckprojekte – d. h. für solche, die ohnehin mit einer umfassenden Nutzen-Kosten-Analyse untersucht werden – lohnen, die Zurechnungsmethode 7c anzuwenden.

Beispiel: In Abschnitt 3.2 wird die wasserwirtschaftliche Mehrzweckanlage gemäss der Zurechnungsmethode 7c behandelt. Dies bedingt, dass ausser den Gesamtkosten die Kosten dreier Zweizweckprojekte, die Kosten dreier Einzweckprojekte und die Erträge dreier Zwecke bestimmt werden. Der Projektierungs- und Veranschlagungsaufwand ist deshalb entsprechend hoch.

Die anderen in Bild 2 hervorgehobenen Zurechnungsmethoden sind ebenfalls aufwendig, wenn auch nicht in gleichem Masse wie die Berechnungsmethode 7c; sie liefern aber auch nicht die gleich ausgewogenen Ergebnisse. Wie fast überall, erweist sich das Bessere eben auch hier als das Aufwendigere.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. *Daniel Vischer*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH, Gloriastrasse 37/39, 8006 Zürich.

Literaturverzeichnis

[1] *D. Vischer, V. Bohun*: Die Beurteilung von Projekten anhand der Nutzen-Kosten-Analyse. «Schweiz. Bauzeitung», 89 (1971), H. 52, S. 1309–1315.

[2] *L. D. James, R. L. Lee*: Economics of Water Resources Planning. New York 1971, McGraw Hill.

[3] *R. F. Schmidtke*: Ein Kostenzurechnungsmodell für wasserwirtschaftliche Mehrzweckprojekte. Wasserbau-Mitteilungen der T.H. Darmstadt, H. 10, August 1972.

Schweizerische Strahlflugzeuge und Strahltriebwerke

DK 629.13:621.438.2

Von **Georges Bridel**, Luzern und Zürich

Fortsetzung von H. 49, S. 1080

Der Antrieb des N-20

Ursprünglich war vorgesehen, den N-20 mit zwei Triebwerken an der Flügelwurzel auszurüsten, die ihrerseits weitere, über die gesamte Spannweite verteilte acht Kleintriebwerke angetrieben hätten. In einer früheren Ausführung erfolgte die Übertragung der Leistung auf die Gebläse mechanisch gemäss dem bereits erwähnten Patent von Ing. Hausammann. Voraussehbare Schwierigkeiten, die sich mit der mechanischen Übertragung ergeben hätten, führten später zu einer Untersuchung der Firmen BBC, Escher-Wyss und Sulzer über die Leistungsübertragung mit einem Teil der Gasströme der zentralen Triebwerke. Im Herbst 1945 wurde Sulzer zur Triebwerkentwicklung für den N-20 beigezogen. Vom Juni bis Oktober 1946 untersuchte diese Firma die Antriebsvariante A mit den beiden erwähnten Triebwerken.

Aus konstruktiven Gründen wollte Sulzer schliesslich zu grösseren Triebwerkdurchmessern übergehen und schlug eine Variante B vor, welche als Antrieb zwei koaxiale Zweistromtriebwerke (ohne die vielen Kleintriebwerke) in der Flügelmitte vorsah. Diese Lösung wurde jedoch vom F+W abgelehnt, weil die bereits beschriebenen Strahlklappen dabei nicht hätten ausgeführt werden können.

Man einigte sich schliesslich auf vier Zweistromtriebwerke, deren Nebenstrom in je zwei seitliche Kanäle geleitet wurde. Trotzdem hatte Sulzer einige Bedenken an der aufwendigen Entwicklung dieses koaxialen Zweistromtriebwerkes DZ-45, denn es fehlte auch ein entsprechendes Grundtriebwerk. Dies führte später zum Ausscheiden von Sulzer als Triebwerkkonstrukteur für den N-20.

Bereits an der entscheidenden KMF-Sitzung vom 29. Juni 1948 stellte das Eidg. Flugzeugwerk eine Ersatzlösung vor, welche, ausgehend vom englischen Propellerturbinentriebwerk Armstrong-Siddeley Mamba I (1000 PS), eine Erweiterung zu einem Zweistromtriebwerk vorsah. Diese Lösung wurde für die Ausrüstung der Prototypen gutgeheissen und eine Serie in Auftrag gegeben.

Um das Originaltriebwerk AS Mamba I verwenden zu können, mussten einige Änderungen angebracht werden. Damit das Triebwerk auf Rollen in den Flügel eingeschoben werden konnte, musste der Durchmesser des Brennkammerteils verringert und die Brennkammern entsprechend anders angeordnet werden. Der Einlaufteil mit Propellerantrieb wurde durch den Niederdruckkompressor und ein neues Reduktionsgetriebe ersetzt. Allerdings waren noch andere Schwierigkeiten zu beheben. So konnte nicht einfach der Niederdruckverdichter dem Haupt- und Nebenstrom vorgeschaltet werden, denn damit hätte sich das gesamte Druckverhältnis des Hauptstromes um den Niederdruck-Anteil erhöht, was zu unzulässigen Belastungen der Brennkammern und der Turbine geführt hätte. Also musste der Nebenstrom bereits vor dem Triebwerk vom Hauptstrom getrennt werden. Die Schaufeln des Niederdruckverdichters waren deshalb nur im Nebenstrom angeordnet und verdichteten denselben mit einem Druckverhältnis von 1,58. Entsprechend der hohen Drehzahl des Haupttriebwerkes von 15000 U/min musste die Drehzahl des Niederdruckverdichters über ein kompliziertes Getriebe verringert werden, weil sonst die Beschaukelung im Überschallbereich gearbeitet hätte. Über eine getrennte Welle wurde