

Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Einsatz von wasserabführenden Schalungsbahnen "ZEMDRAIN" der Firma Du Pont gemäß den Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1993

1. Aufgabenstellung

Im Zusammenhang mit dem für das Klärwerk Bad Homburg geplanten Neubau der Belebungsbecken ist eine Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Einsatz von wasserabführenden Schalungsbahnen "ZEMDRAIN" der Firma Du Pont durchzuführen. Die für den Variantenvergleich relevanten Basisdaten für die Parameter "Kosten" und "Lebensdauer" basieren auf Angaben der Firma Du Pont und wurden vom Gutachter nicht verifiziert. Ergänzend benötigte Daten beruhen auf Erfahrungswerten des Gutachters.

2. Beschreibung der Projektalternativen

- | | | |
|-----------------|------------|--|
| Variante | 1 | : Herstellung des Bauteils ohne "ZEMDRAIN";
Investitionen I1; erste Reinvestition nach 10 Jahren; |
| Variante | 1.1 | : Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN1“;
nächste erforderliche Reinvestition RI1 nach 10 Jahren; |
| Variante | 1.2 | : Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN2“;;
nächste erforderliche Reinvestition RI2 nach 15 Jahren; |
| Variante | 2 | : Herstellung des Bauteils mit "ZEMDRAIN";
Investitionen I2; erste Reinvestition nach 20 Jahren; |
| Variante | 2.1 | : Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN1“;;
nächste erforderliche Reinvestition RI1 nach 10 Jahren; |
| Variante | 2.2 | : Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN2“;;
nächste erforderliche Reinvestition RI2 nach 15 Jahren; |

Bei einer Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN1“ wird davon ausgegangen, daß durch Anwendung eines bestimmten, gemäß Merkblatt der ATV-Arbeitsgruppe 1.1.4 „Korrosion von Abwasserkanälen“ (Veröffentlichung in Vorbereitung) zu wählenden Oberflächenbehandlungsverfahrens eine Lebensdauer des sanierten Bauteils von 10 Jahren zu erzielen ist.

Bei einer Sanierungsmaßnahme der Güte „SAN2“ erfolgt eine gemäß Merkblatt der ATV-Arbeitsgruppe 1.1.4 „Korrosion von Abwasserkanälen“ (Veröffentlichung in Vorbereitung) zu wählende Oberflächenbehandlung, bei der zum einen eine größere Schichtstärke behandelt wird, zum anderen ein größerer verfahrenstechnischer Aufwand zur Erzielung eines niedrigen Wasserzementwertes erbracht wird. Hier ist von einer Lebensdauer des sanierten Bauteils von 15 Jahren auszugehen.

Bezüglich einer praktischen Umsetzung ist davon auszugehen, daß eine rechnerische Lebensdauer von über 15 Jahren bei bereits einmal sanierten Oberflächen nur unter weiter erhöhtem technischen und finanziellen Aufwand zu erzielen ist, der im allgemeinen wirtschaftlich nicht zu vertreten ist.

3. Ermittlung der Kosten und der rechnerischen Nutzungsdauern

Kostenstand bzw. Bezugszeitpunkt:

1994

Rechnerische Nutzungsdauer des gesamten Betonbauwerkes:

35 Jahre (Abschreibungszeitraum)

Kostendatenbasis:

- *¹: Angaben der Firma Du Pont, vom Gutachter nicht verifiziert;
- *²: s. Artikel „Ahrens/Sackmann“, S.4, b (Innenflächen);
- *³: Preisindex 1992 auf 1994;

Investitionen:

I_2 (Variante 2) = I_1 (Variante 1) + 30,- DM/m² Betonoberfläche *¹

Rechnerische Lebensdauer bis zur ersten Oberflächenkomplettsanierung (1. RI):

Variante 1 (ohne "ZEMDRAIN"): 10 Jahre *¹
 Variante 2 (mit "ZEMDRAIN"): 20 Jahre *¹

Reinvestitionen bzw. Sanierungsaufwand für glatte, aufgehende Beckenwände: (abhängig von der gewählten Sanierungsqualität, nicht von den Ausgangsvarianten)

Sanierung der Güte „SAN1“: $RI_1 = 230,- \cdot 1,06^{*3} = 244,-$ DM/m² Betonoberfläche
 Sanierung der Güte „SAN2“: $RI_2 = RI_1 + 80,- = 324,-$ DM/m² Betonoberfläche

Rechnerische Lebensdauer bis zur nächsten Oberflächenkomplettsanierung (2. RI): (abhängig von der gewählten Sanierungsqualität, nicht von den Ausgangsvarianten)

Sanierung der Güte „SAN1“: 10 Jahre
 Sanierung der Güte „SAN2“: 15 Jahre

Laufende Kosten für Oberflächenreinigung und -schutz:

Neubau ohne „ZEMDRAIN“ bzw. Sanierung gemäß Güte „SAN1“:
 $LK_1 = 1,0$ LK = x1 DM/(m² x Jahr)
 Neubau mit „ZEMDRAIN“ bzw. Sanierung gemäß Güte „SAN2“:
 $LK_1 = 0,8$ LK = x2 DM/(m² x Jahr)

Die laufenden Kosten für Oberflächenreinigung und -schutz reduzieren sich mit steigendem Qualitätsstandard (besserer w/z-Wert, glattere Oberfläche, weniger Ablagerungen, bessere Reinigungsmöglichkeit). Die sich hieraus für die Variante 2 (Verwendung wasserabführender Schalungsbahnen) ergebenden Vorteile bleiben rechnerisch unberücksichtigt. Sie sind in den Projektkostenreihen nur schematisch dargestellt.

4. Eignung der Kostenvergleichsrechnung

Beide Varianten erbringen die gleiche Leistung, die rechnerische Lebensdauer des bezogenen Bauwerks ist identisch, variantenspezifische Kostenwirkungen gegenüber Dritten entstehen nicht. Die "Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1993" stellen somit ein geeignetes Instrumentarium für den Variantenvergleich dar.

5. Finanzmathematische Aufbereitung

Der zeitliche Anfall der Kosten für eine Baumaßnahme erstreckt sich von den ersten Voruntersuchungen über die Baudurchführung sowie über eventuell erforderliche Reinvestitionen bis zum Ende der Nutzungsdauer und beinhaltet auch die laufenden Betriebs- und Unterhaltungskosten. Sämtliche projektspezifisch anfallenden Kosten lassen sich gemäß Bild 1.1 und 1.2 als entsprechende *Projektkostenreihe* darstellen.

Die Zeitspanne vom Beginn der Investitionsphase bis zum Ende der Betriebsphase (Planungshorizont) wird als *Untersuchungszeitraum* bezeichnet.

Da zu verschiedenen Zeitpunkten anfallende Kosten unterschiedliche Wertschätzungen besitzen, dürfen die Zahlungen einer Kostenreihe nicht ohne weiteres aufaddiert werden. Vielmehr müssen sie zum Zwecke des Vergleichs auf einen gemeinsamen Zeitpunkt (Bezugszeitpunkt) wertmäßig umgerechnet werden. (dynamische Vorgehensweise). Den Wert einer nominalen Kostengröße im *Bezugszeitpunkt* nennt man *Barwert* dieser Zahlung, entsprechend denjenigen einer Kostenreihe, die ein Projekt charakterisiert, den *Projektkostenbarwert*.

Zeitlich vor dem Bezugszeitpunkt liegende Zahlungen sind *aufzuzinsen (zu akkumulieren)*, später anfallende *abzuzinsen (zu diskontieren)*.

Die erforderliche zeitliche Gewichtung der Nominalkosten erfolgt mit Hilfe *finanzmathematischer Umrechnungsfaktoren*, in die zwei Grundgrößen eingehen. Zum einen das Gewicht, in dem sich die Minder- oder Höhererschätzung zukünftig bzw. vergangener Kostenwirkungen gegenüber solchen zum Bezugszeitpunkt niederschlägt. Dies wird durch den *Zinssatz* ausgedrückt. Zum anderen ist für das Ausmaß der Abweichung von Nominalkosten und zugehörigem Barwert der Zeitraum zwischen tatsächlichem Kostenanfall und Bezugszeitpunkt maßgeblich, über den also diskontiert bzw. akkumuliert werden muß (*Zinszeitraum*).

Die Verknüpfung von *Realzinssatz*, *Nominalzinssatz* und *Inflationsrate* ist in den finanzmathematischen Umrechnungsfaktoren und den zugehörigen Empfehlungen berücksichtigt.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, daß der Bezugszeitpunkt für die zeitliche Gewichtung von Zahlungen völlig unabhängig ist von der Wahl des Basisjahres für den verwendeten *Preisstand der Kostenkalkulation*.

(zwecks Erläuterung in Auszügen zitiert aus „Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, München, 1993)

Die zu vergleichenden Alternativen weisen bei gleichem Investitionszeitpunkt dieselbe Nutzungsdauer auf, so daß die Voraussetzungen für einen einfachen Kostenbarwert- oder/und Jahreskostenvergleich gegeben sind.

Einsatz von ZEMDRAIN-Schalungsbahn

Die thermisch gebundene Spinnfaser-Schalungsbahn aus 100 % Polypropylen soll zwischen Schalung und Beton beim Betoniervorgang eingesetzt werden. Da diese Technik u. a. auch beim Bau von Trinkwasserbehältern und von Trinkwassertalsperren angewendet werden soll, beauftragten Sie uns, die Eignung dieses Systems entsprechend den KTW-Empfehlungen aus trinkwasserhygienischer Sicht zu prüfen.

Prüfkörper

Für die Untersuchung stellten wir Prüfkörper aus Zementmörtel her, wobei die Formen mit ZEMDRAIN-Schalungsbahn ausgelegt wurden. Nach Erstarren der Zementmörtelprüfkörper wurde die ZEMDRAIN-Schalungsbahn vom Prüfkörper entfernt, wobei jedoch noch einige Schalungsbahnreste am Prüfkörper zurückblieben. Eine weitere mechanische Bearbeitung der Prüfkörper-Oberflächen erfolgte nicht. Zum Vergleich wurden Zementmörtelprüfkörper aus der gleichen Mörtelcharge hergestellt, wobei jedoch die Prüfkörper-Formen weder mit ZEMDRAIN-Schalungsbahn ausgelegt waren noch mit einem Formtrenn-Mittel behandelt wurden (Blindproben).

Untersuchungsmethode

Die unter Verwendung von ZEMDRAIN-Schalungsbahn hergestellten Prüfkörper wie auch die Blindproben wurden entsprechend der von der Arbeitsgruppe "Trinkwasserbelange" der Kunststoff-Kommission des Bundesgesundheitsamtes veröffentlichten Methode untersucht (gesundheitliche Beurteilung von Kunststoffen und anderen nichtmetallischen Werkstoffen im Rahmen des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes für den Trinkwasserbereich, Bundesgesundheitsblatt 20. Jahrg. 1977, S. 124 ff).

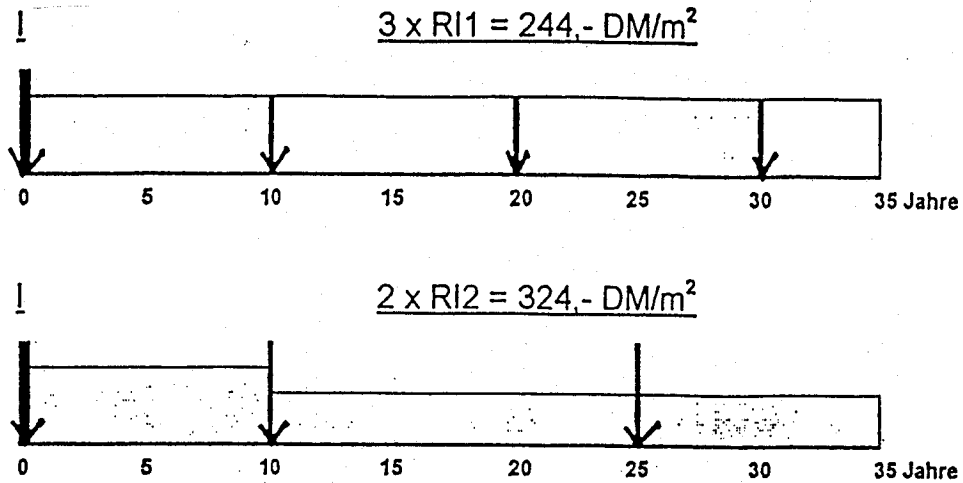


Bild 1.1: Projektkostenreihen der Variante 1 "konventionelle Schalungweise"; Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN1“ bzw. „SAN2“ wurden als Reinvestitionen „RI1“ bzw. „RI2“ dargestellt; (die laufenden Kosten LK sind schematisch dargestellt, jedoch im folgenden rechnerisch nicht berücksichtigt)

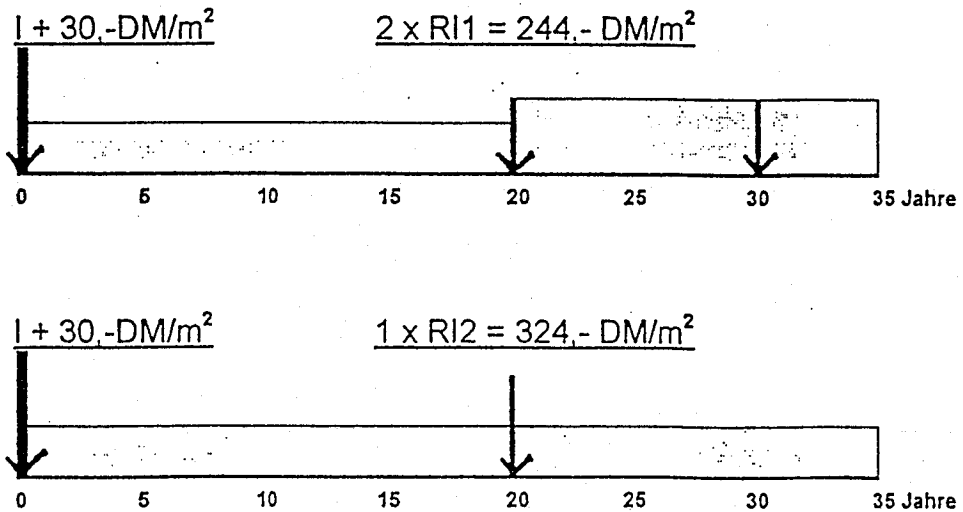


Bild 1.2: Projektkostenreihen der Variante 2 "wasserabf. Schalungsbahnen"; Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN1“ bzw. „SAN2“ wurden als Reinvestitionen „RI1“ bzw. „RI2“ dargestellt; (die laufenden Kosten LK sind schematisch dargestellt, jedoch im folgenden rechnerisch nicht berücksichtigt)

Position	Summe	Unt.-zeit	Zeit-punkt	Preis-index	Real-zins	Faktor 1	Faktor 2	Barwert
	DM/m2	a	a	%	%	-	-	DM/m2
Investitionen:								
- I1	I	35	0	1,0	3,0	-	-	I1
Reinvestitionen:								
- RI1	244,--	35	10	1,0	3,0	1,10	0,744	200,--
- RI1	244,--	35	20	1,0	3,0	1,22	0,554	165,--
- RI1	244,--	35	30	1,0	3,0	1,35	0,412	136,--
Summe Barwert:	(laufende Kosten LK1 u.LK2 aus Bild 1.1 nicht berücksichtigt)							501,--

Tabelle 1.1: Ermittlung des Barwerts für die Variante 1 (konvent. Schalungsweise), Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN1“;

Position	Summe	Unt.-zeit	Zeit-punkt	Preis-index	Real-zins	Faktor 1	Faktor 2	Barwert
	DM/m2	a	a	%	%	-	-	DM/m2
Investitionen:								
- I1	I	35	0	1,0	3,0	-	-	I1
Reinvestitionen:								
- RI2	324,--	35	10	1,0	3,0	1,10	0,744	266,--
- RI2	324,--	35	25	1,0	3,0	1,28	0,478	198,--
Summe Barwert:	(laufende Kosten LK1 u.LK2 aus Bild 1.1 nicht berücksichtigt)							464,--

Tabelle 1.2: Ermittlung des Barwerts für die Variante 1 (konvent. Schalungsweise), Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN2“;

Position	Summe	Unt.-zeit	Zeit-punkt	Preis-index	Real-zins	Faktor 1	Faktor 2	Barwert
	DM/m2	a	a	%	%	-	-	DM/m2
Investitionen:								
- I2	I1 + 30,--	35	0	1,0	3,0	-	-	I1 + 30,--
Reinvestitionen:								
- RI1	244,--	35	20	1,0	3,0	1,22	0,554	165,--
- RI1	244,--	35	30	1,0	3,0	1,35	0,412	136,--
Summe Barwert:	(laufende Kosten LK1 u.LK2 aus Bild 1.2 nicht berücksichtigt)							331,--

Tabelle 2.1: Ermittlung des Barwerts für die Variante 2 (wasserabf.Schalungsbahn), Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN1“;

Position	Summe	Unt.-zeit	Zeit-punkt	Preis-index	Real-zins	Faktor 1	Faktor 2	Barwert
	DM/m2	a	a	%	%	-	-	DM/m2
Investitionen:								
- I2	I1 + 30,--	35	0	1,0	3,0	-	-	I1 + 30,--
Reinvestitionen:								
- RI2	244,--	35	20	1,0	3,0	1,22	0,554	219,--
Summe Barwert:	(laufende Kosten LK1 u.LK2 aus Bild 1.2 nicht berücksichtigt)							249,--

Tabelle 2.2: Ermittlung des Barwerts für die Variante 2 (wasserabf.Schalungsbahn), Sanierungsmaßnahmen der Ausführungsqualität „SAN2“;

6. Kostengegenüberstellung

Die zu vergleichenden Alternativen weisen bei gleichem Investitionszeitpunkt dieselbe Nutzungsdauer auf, so daß die Voraussetzungen für einen einfachen Kostenbarwertvergleich gegeben sind.

Die Darstellung der Projektkostenreihen ist den Bildern 1.1 und 1.2 zu entnehmen.

Anhand der Kostenreihen wird deutlich, daß die anfallenden Kostenarten (Investitionen, Reinvestitionen, laufende Kosten) variantenabhängig in unterschiedlicher Höhe und zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. -intervallen auftreten. Um diese Kostengrößen wertrichtig aufsummieren und damit die Kostenreihen vergleichend gegenüberstellen zu können, müssen die über den Untersuchungszeitraum verteilten nominalen Kosten jeder Alternative auf den Bezugszeitpunkt umgerechnet werden. Man erhält so ihre Barwerte.

Anhand der "Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, 1993" wurden unter Zugrundelegung eines Nutzungszeitraumes des Gesamtbauwerks von 35 Jahren die zugehörigen Kostenbarwerte ermittelt.

Dies erfolgte für die auf der Seite 2 aufgeführten Varianten, die sich hinsichtlich der beim Neubau verwendeten Schalungstechnik (Variante 1: konventionelle Schalung, Variante 2: wasserabführende Schalungsbahnen), sowie hinsichtlich der Ausführungsqualität der Sanierungsmaßnahmen (SAN1: Lebensdauer des sanierten Bauteils = 10 Jahre, SAN2: Lebensdauer des sanierten Bauteils = 15 Jahre) unterscheiden.

Eine Erläuterung der Vorgehensweise ist den Seiten 3 und 4 zu entnehmen.

Anhand der in Tabelle 3 aufgeführten Kostenbarwerte wird der kostenmindernde Einfluß eines Einsatzes von wasserabführenden Schalungsbahnen beim Neubau deutlich. Ferner zeigt sich, in welchem Maße die Ausführungsqualität der Sanierungsmaßnahmen die Kosten beeinflusst.

	<u>Variante 1</u> Konv. Schalung	<u>Variante 2</u> wasserabf. Bahnen
RI1 Ausführungsqualität „SAN1“	501 DM/m ²	331 DM/m ²
RI2 Ausführungsqualität „SAN2“	464 DM/m ²	249 DM/m ²

Tabelle 3: Zusammenstellung der Kostenbarwerte

Durch eine sinnvolle Festlegung der Qualitätsstandards für Neubau und Sanierung läßt sich eine Minimierung der Kostenbarwerte (Tabelle 3) sowie auch eine Minimierung der während der rechnerischen Lebensdauer des Gesamtbauwerks erforderlichen Reinvestitionszyklen (Außerbetriebnahmen, Bauzustände) vornehmen.

So stellt im vorliegenden Fall die Lösung 2 „Einsatz wasserabführender Schalungsbahnen bei Neubau“ + „Sanierungsmaßnahme der Ausführungsqualität SAN2“ mit einem Kostenbarwert von 249 DM/m² Wandfläche die wirtschaftlich und betrieblich zu empfehlende Variante dar.

Hannover, im November 1995

(o.Prof. Dr.-Ing. C.F. Seyfried)

(Dipl.-Ing E. Schmieder)